

**IDENTIFIKASI DAN UJI SENSITIVITAS FUNGISIDA PENYEBAB  
PENYAKIT HANGUS DAUN (*LEAF SCORCH*) PADA TANAMAN TEBU  
(*Saccharum officinarum* L.) DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**NORA APRISKA VERDIANA  
2014191013**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### **IDENTIFIKASI DAN UJI SENSITIVITAS FUNGISIDA PENYEBAB PENYAKIT HANGUS DAUN (*LEAF SCORCH*) PADA TANAMAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.) DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS**

Oleh

**NORA APRISKA VERDIANA**

Penyakit hangus daun (*leaf scorch*) tebu merupakan salah satu penyakit dengan potensi menimbulkan kehilangan hasil moderat. Penelitian bertujuan mengetahui identitas dan sensitivitas penyebab penyakit hangus daun pada tebu terhadap fungisida dengan bahan aktif karbendazim, mankozeb, dan prokloraz mangan klorida kompleks. Penelitian dilaksanakan dari Juli 2023 sampai Februari 2024 di Laboratorium Disease PT Gunung Madu Plantations (PT GMP), Laboratorium Bioteknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Sampel tebu bergajala hangus daun diambil dari perkebunan tebu PT GMP. Identifikasi penyebab penyakit hangus daun dilakukan secara morfologi dan molekuler. Uji sensitivitas penyebab penyakit hangus daun terhadap fungisida dilakukan menggunakan metode makanan beracun. Fungisida dan konsentrasi yang digunakan yaitu; karbendazim (0,1 g/100 mL), mankozeb (0,24 g/100 mL), dan prokloraz mangan klorida kompleks (0,25 g/100 mL). Hasil identifikasi secara morfologi dan molekuler menunjukkan bahwa patogen hangus daun tebu di PT GMP adalah jamur *Saccharicola bicolor*. Hasil uji sensitivitas menunjukkan bahwa jamur *S. bicolor* bereaksi sangat sensitif terhadap fungisida dengan bahan aktif karbendazim, mankozeb, dan prokloraz mangan klorida kompleks.

Kata kunci: karbendazim, *leaf scorch*, mankozeb, morfologi, *Saccharicola bicolor*

**IDENTIFIKASI DAN UJI SENSITIVITAS FUNGISIDA PENYEBAB  
PENYAKIT HANGUS DAUN (*LEAF SCORCH*) PADA TANAMAN TEBU  
(*Saccharum officinarum* L.) DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS**

**Oleh**

**NORA APRISKA VERDIANA**

**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**

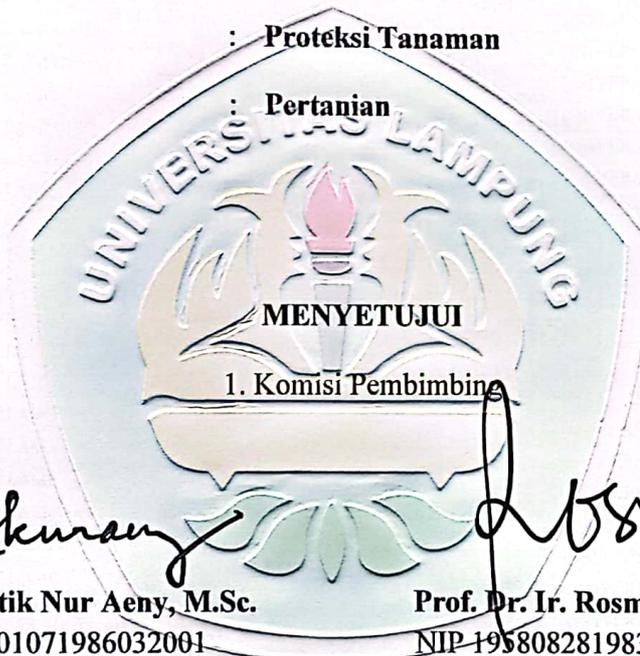
Judul Skripsi : **IDENTIFIKASI DAN UJI SENSITIVITAS FUNGISIDA PENYEBAB PENYAKIT HANGUS DAUN (*LEAF SCORCH*) PADA TANAMAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.) DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS**

Nama Mahasiswa : **Nora Apriska Verdiana**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2014191013**

Jurusan : **Proteksi Tanaman**

Fakultas : **Pertanian**



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

**Prof. Dr. Ir. Rosma Hasibuan, M.Sc.**  
NIP 195808281983032003

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

*Titik Nur Aeny*  
.....

Anggota Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Rosma Hasibuan, M.Sc.

*Rosma*  
.....

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

*Tri Maryono*  
.....

2. Dekan Fakultas Pertanian



*[Signature]*  
Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.  
NIP 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 07 Juni 2024

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“IDENTIFIKASI DAN UJI SENSITIVITAS FUNGISIDA PENYEBAB PENYAKIT HANGUS DAUN (*LEAF SCORCH*) PADA TANAMAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.) DI PT GUNUNG MADU PLANTATIONS”** 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, 02 Juni 2024

Penulis,



Nora Apriska Verdiana  
NPM 2014191013

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Desa Labuhan Ratu I, Kecamatan Way Jepara, Kabupaten Lampung Timur pada tanggal 8 April 2002. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Meseno dan Ibu Sumiati. Penulis memiliki 1 adik perempuan bernama Aulia Qolifahtul Jannah. Penulis telah menyelesaikan pendidikan usia dini di Taman Kanak-Kanak (TK) Pertiwi Labuhan Ratu Satu pada tahun 2007-2008, kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Way Jepara pada tahun 2008 dan lulus tahun 2014. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Way Jepara, Lampung Timur pada tahun 2014-2017, lalu melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 1 Way Jepara, Lampung Timur pada tahun 2017 dan lulus tahun 2020.

Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan Akademik salah satunya dengan menjadi Asisten Praktikum dalam beberapa mata kuliah seperti Teknologi Pengendalian Hayati (2023), Mikologi Tumbuhan (2024), serta Hama Gudang dan Urban (2024). Penulis juga aktif dalam organisasi internal kampus Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota bidang Kewirausahaan pada tahun 2021/2022 dan 2022/2023. Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Bandar Pugung, Kecamatan Lemong, Kabupaten Pesisir Barat pada periode I tahun 2023 selama 40 hari. Pada tahun 2023, penulis juga telah melaksanakan kegiatan Magang (Praktik Kerja) dan Praktik Umum (PU) di PT Perkebunan Nusantara I Regional 7 Unit Cinta manis, Desa Ketiau, Kecamatan Lubuk Keliat, Kabupaten Ogan Ilir selama 4 bulan.

## **PERSEMBAHAN**

Dengan penuh rasa syukur dan segala kerendahan hati karya ini ku persembahkan sebagai ungkapan terimakasihku untuk:

1. Kedua orang tua tercinta yang paling berjasa dalam hidupku, Bapak Meseno dan Ibu Sumiati yang telah memberikan kepercayaan kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan ketahap ini dan merantau jauh dari kalian, yang mengorbankan segalanya untuk penulis, menjadi support system dan penguat yang paling hebat, mengajari untuk selalu bersabar disetiap proses yang dilalui, tiada hentinya selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis disetiap langkah, serta selalu memberikan bantuan, kasih sayang, nasihat, perhatian, semangat, dan motivasi tidak terhingga untuk penulis hingga dapat menyelesaikan pendidikan,
2. Adikku tersayang, Aulia Qolifatul Jannah atas bantuan, dukungan, doa, dan semangat yang selalu diberikan kepada penulis,
3. Keluarga besarku yang telah memberikan bantuan, dukungan, doa, kasih sayang, keceriaan, motivasi, semangat, dan perhatian yang tiada hentinya, sehingga penulis mampu menyelesaikan pendidikan,
4. Teman-teman mahasiswa Proteksi Tanaman angkatan 2020, dosen-dosen, kakak-kakak, dan adik-adik di Jurusan Proteksi Tanaman, serta Almamaterku tercinta Universitas Lampung tempat penulis menempuh studi.

## **MOTTO**

“Dan infakkanlah (hartamu) di jalan Allah, dan janganlah kamu jatuhkan (diri sendiri) ke dalam kebinasaan dengan tangan sendiri, dan berbuat baiklah.

Sungguh, Allah menyukai orang-orang yang berbuat baik”

**(QS. Al-Baqarah (2): 195)**

“Akar pendidikan itu pahit, tapi buahnya manis”

**(Aristotle)**

“Jangan biarkan kegagalan membuat kita patah semangat, kita tidak akan pernah melakukan kalau tidak pernah mencoba. Bekerja keraslah sampai kesuksesan menjadi milikmu”

**(Najwa Shihab)**

“If you want to do something, then do it with optimism, effort, and trust”

**(Nora Apriska Verdiana)**

## SANWACANA

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, karena telah melimpahkan berkat, rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Identifikasi dan Uji Sensitivitas Fungisida Penyebab Penyakit Hangus Daun (*Leaf Scorch*) pada Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) di PT Gunung Madu Plantations**”. Shalawat serta salam tidak lupa selalu kita panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW yang membawa cahaya petunjuk kepada seluruh alam semesta. Tujuan penulisan skripsi ini yaitu sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan serta dukungan semua pihak yang telah membimbing dan mendoakan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memfasilitasi penulis selama melaksanakan perkuliahan,
2. Bapak Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, sekaligus selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan ilmu, motivasi, nasihat, semangat, saran, serta masukan kepada penulis selama melaksanakan penelitian hingga menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik,
3. Ibu Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, ilmu, arahan, motivasi, nasihat, saran, masukan, serta semangat dari awal penulis menjalankan penelitian hingga penulis menyelesaikan penyusunan skripsi ini,
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Rosma Hasibuan, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, ilmu, arahan, motivasi, semangat, serta

masukannya kepada penulis selama menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini,

5. Bapak Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan, bantuan, motivasi, nasihat, serta saran dari awal perkuliahan hingga penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini,
6. Seluruh dosen Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu, arahan, bantuan, serta motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan,
7. PT Gunung Madu Plantations dan Laboratorium Disease R&D PT Gunung Madu Plantations yang telah memberikan fasilitas dan bantuan selama penulis melaksanakan penelitian,
8. Keluarga besarku terutama kedua orang tuaku tercinta Bapak Meseno dan Ibu Sumiati, serta adikku tersayang Aulia Qolifahtul Jannah yang selalu memberikan motivasi, dukungan, dan doa sehingga penulis menyelesaikan penyusunan skripsi ini dan dapat menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung,
9. Amalia Octa Reza atas dukungan dan bantuannya dalam penyusunan skripsi hingga penulis menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung,
10. Kak Hafizh Haryo yang telah membantu fasilitas sebagai penunjang dalam menyelesaikan penyusunan skripsi bagi penulis,
11. Sahabat-sahabat dan teman-teman seperjuanganku di Proteksi Tanaman angkatan 2020 (Afrianda Diniani, S.P., Amalia Cahya Pertiwi, Ismalia Nur Wijihana Fitri, Mila Syafa Gusriyan, Novelia Permata Sari, Ummu Khairun Nisa, dan Yopi Almuhayat) beserta keluarga Laboratorium Bioteknologi terutama Mba Tari, Mba Yeyen, dan Bang Firnando yang telah membantu dalam persiapan alat-alat Laboratorium yang berkaitan dengan penyelesaian penelitian dan skripsi.

Bandar Lampung, 02 Juni 2024

Nora Apriska Verdiana  
NPM 2014191013

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	4
1.4 Hipotesis .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Tanaman Tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.).....	6
2.2 Penyakit Hangus Daun.....	9
2.3 Identifikasi Jamur Patogen Tanaman.....	11
2.4 Sensitivitas Jamur Patogen Tanaman terhadap Fungisida.....	12
2.5 Fungisida untuk Penyebab Penyakit Hangus Daun .....	13
2.5.1 Fungisida Sintetik.....	13
2.5.2 Fungisida Nabati.....	15
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	20
3.3.1 Isolasi dan Pemurnian Penyebab Penyakit Hangus Daun .....	20
3.3.2 Uji <i>Postulat Koch</i> Penyebab Penyakit Hangus Daun.....	21
3.3.3 Identifikasi Penyebab Penyakit Hangus Daun .....	21
3.3.3.1 Identifikasi Morfologi.....	21

3.3.3.2 Identifikasi Molekuler .....	21
3.3.4 Uji Sensitivitas Jamur Penyebab Penyakit Hangus Daun terhadap Fungisida.....	24
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	27
4.1 Hasil .....	27
4.1.1 Gejala Penyakit Hangus Daun pada Tanaman Tebu .....	27
4.1.2 Hasil Isolasi .....	28
4.1.3 Hasil Uji <i>Postulat Koch</i> .....	29
4.1.4 Hasil Reisolasi .....	30
4.1.5 Hasil Identifikasi Molekuler.....	31
4.1.6 Hasil Uji Sensitivitas Jamur Penyebab Penyakit Hangus Daun terhadap Fungisida.....	32
4.2 Pembahasan.....	34
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b> .....	38
5.1 Simpulan .....	38
5.2 Saran .....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	39

## DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Kriteria nilai tingkat hambatan relatif (THR) .....	26
2. Pengamatan hasil uji sensitivitas jamur penyebab penyakit hangus daun pada beberapa fungisida .....	34

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Gejala penyakit hanger daun pada daun tebu .....	10
2. Rhizoma jamuan .....	17
3. Rhizoma puyangan.....	18
4. Pola pengukuran rata-rata diameter koloni jamur.....	25
5. Gejala penyakit hanger daun pada potongan daun tebu .....	27
6. Koloni jamur penyebab penyakit hanger daun secara makroskopis pada 7 hari setelah inkubasi (HSI) di media PSA: (a) tampak atas dan (b) tampak bawah.....	28
7. Morfologi jamur penyebab penyakit hanger daun pada tebu di PT GMP secara mikroskopis: (a) miselia dan konidia pada perbesaran 400x (dokumentsi pribadi) dan (b) konidia berdasarkan literatur menurut Rott <i>et al.</i> (2000) .....	29
8. Gejala penyakit hanger daun pada 21 hari setelah inokulasi (HSI).....	30
9. Hasil reisolasi jamur penyebab penyakit hanger daun dari daun tebu yang bergejala: (a) secara makroskopis (koloni di media PSA) dan (b) secara mikroskopis (miselia dan konidia pada perbesaran 400x) .....	31
10. Konstruksi pohon filogenetik hasil analisis sekuen <i>universal primer</i> ITS1 dan ITS4 <i>sugarcane leaf scorch isolate</i> menggunakan metode <i>Neighbor Joining</i> .....	32
11. Pertumbuhan koloni jamur penyebab penyakit hanger daun pada 8 hari setelah inkubasi (HSI) dari hasil uji sensitivitas pada beberapa fungisida: (a) kontrol (tanpa fungisida), (b) ekstrak jamuan, (c) ekstrak puyangan, (d) karbendazim, (e) mankozeb, dan (f) prokloraz mangan klorida kompleks .....	33

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan salah satu tanaman perkebunan dengan nilai ekonomi yang cukup tinggi, karena digunakan sebagai bahan baku utama penghasil gula putih. Gula putih termasuk salah satu kebutuhan pokok dan merupakan sumber kalori yang relatif murah. Gula putih digunakan secara luas baik untuk keperluan konsumsi rumah tangga seperti penguat rasa dalam masakan, pemanis makanan dan minuman, maupun industri pangan sebagai bahan baku untuk permen, pemanis, minuman, makanan, dan lain sebagainya. Kebutuhan gula terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk Indonesia (Sugiyanto, 2007).

Sentra produksi utama tebu di Indonesia terdapat di lima provinsi yaitu Jawa Timur, Jawa Tengah, Sumatera Selatan, Jawa Barat dan Lampung (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2020). Provinsi Lampung sebagai sentra kedua di Indonesia berkontribusi terhadap produksi gula nasional sebesar 34,36% (Kementerian Pertanian, 2021). Sebagian besar perkebunan tebu di Lampung dimiliki oleh perusahaan perkebunan sebesar 85% dan usahatani tebu rakyat sebesar 15%. Beberapa perkebunan tebu besar yang berada di Lampung yaitu PT Gunung Madu Plantations (GMP), PT Sugar Group Companies, PTPN VII (PG Bunga Mayang), PT Bumi Waras, dan PT Pemuka Sakti Manis Indah.

Produksi gula nasional pada tahun 2020 mencapai 2,12 juta ton, sedangkan saat ini kebutuhan gula nasional mencapai 5,7 juta ton dengan rincian 2,8 juta ton gula untuk konsumsi masyarakat dan 2,9 juta ton gula untuk kebutuhan industri makanan dan minuman. Artinya produksi gula nasional masih belum mampu

memenuhi kebutuhan nasional. Dengan demikian, untuk memenuhi kebutuhan tersebut, pemerintah melakukan impor yang mencapai 5,54 juta ton atau setara dengan US\$ 1,94 miliar pada tahun 2020 (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2020).

Produksi gula yang masih rendah dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kurangnya kualitas lahan yang baik untuk tanaman tebu, masih sulitnya mendapatkan lahan baru dalam jumlah besar yang sesuai untuk ditanami tebu, rendahnya rendemen industri gula, efisiensi pabrik gula yang masih rendah, curah hujan yang tinggi serta adanya serangan hama (Kusumawati dan Putratama, 2023). Selain itu, terdapat faktor lain yang mempengaruhi rendahnya produksi tebu salah satunya disebabkan oleh penyakit tanaman di areal pertanaman tebu. Hal ini menyebabkan penurunan produksi gula, karena dapat mengurangi kualitas kadar air gula pada tanaman tebu. Salah satu penyakit yang dapat menurunkan hasil tanaman tebu di perkebunan PT GMP yaitu penyakit hangus daun (Suranto *et al.*, 1989).

Penyakit hangus daun atau yang disebut juga sebagai penyakit *leaf scorch* pertama kali ditemukan di Taiwan Tengah pada tahun 1948 (Lo and Ling, 1950). Di Indonesia, penyakit hangus daun mulai ditemukan di PT GMP pada tahun 1986. Selanjutnya, penyakit ini menyebar di pabrik gula lainnya, seperti Pabrik Gula Putih Mataram, Bunga Mayang, dan Cinta Manis. Penyakit hangus daun juga terjadi di Aceh pada tahun 1995, di Kalimantan Selatan pada tahun 1999 dan di Jawa Barat pada tahun 2001 (Putra dan Damayanti, 2012). Menurut Hariyono (2020) selain ditemukan di Lampung, penyakit hangus daun juga banyak ditemukan di Sumatera Selatan dan Sumatera Utara dengan tingkat kejadian sedang serta di Jawa Tengah dengan tingkat kejadian rendah.

Penyakit hangus daun dapat menyebabkan kehilangan hasil yang signifikan, bergantung kondisi cuaca dan varietas. Di Taiwan Tengah, penyakit hangus daun dapat mengakibatkan penurunan tonase sebesar 17% dan penurunan hasil sebesar 13% pada varietas Co 290. Di Filipina, penyakit ini menyebabkan kehilangan hasil sebesar 10-30% pada varietas H 37-1933. Suranto *et al.* (1989) melaporkan bahwa di Indonesia tepatnya di PT GMP, penyakit hangus daun dapat

menyebabkan kehilangan hasil mencapai 16,8% sampai 36,5% pada varietas Ragnar dan SP 70-1284.

Penyakit hangus daun telah dilaporkan disebabkan oleh *Saccharicola bicolor* (Lo and Ling, 1950). Patogen ini menyerang tanaman tebu dengan menimbulkan gejala yaitu lesio berbentuk gelendong pada daun yang akhirnya membesar dan menyatu, sehingga dedaunan tampak hangus. Namun, di PT GMP belum diketahui secara pasti identitas dari penyebab penyakit hangus daun. Dengan demikian, perlu dilakukan identifikasi penyebab penyakit tersebut.

Pengendalian penyakit hangus daun dapat dilakukan dengan cara menanam varietas tebu yang tahan (Sulaiman, 2015). Selain menanam varietas tahan, alternatif pengendalian lainnya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan penyakit hangus daun yaitu dengan aplikasi fungisida. Menurut Budiyanto (2018) fungisida merupakan senyawa kimia beracun yang dapat digunakan untuk mengendalikan (membunuh, menghambat atau mencegah) perkembangan jamur patogen tanaman. Di PT GMP, fungisida yang digunakan untuk mengendalikan penyakit hangus daun yaitu fungisida sintetik berbahan aktif karbendazim, mankozeb, dan prokloraz mangan klorida kompleks. Fungisida tersebut sudah digunakan di PT GMP dalam jangka waktu 2 tahun yang lalu dan hanya sekali pengaplikasian. Namun, untuk pengendalian menggunakan fungisida nabati dari ekstrak jamuan (*Curcuma zedoaria*) dan puyangan (*Zingiber zerumbet*) belum pernah dilaporkan. Berdasarkan hal ini, belum diketahui bagaimana reaksi sensitivitas penyebab penyakit hangus daun terhadap beberapa bahan aktif fungisida tersebut. Oleh karena itu, pada penelitian ini, dilakukan uji sensitivitas penyebab penyakit hangus daun terhadap beberapa bahan aktif fungisida.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui identitas penyebab penyakit hangus daun pada tanaman tebu di PT GMP, dan

2. Mengetahui sensitivitas penyebab penyakit hange daun terhadap fungisida berbahan aktif karbendazim, mankozeb, dan prokloraz mangan klorida kompleks serta fungisida dari ekstrak jamuan dan puyangan di PT GMP.

### 1.3 Kerangka Pemikiran

Penyakit hange daun pada tanaman tebu telah dilaporkan disebabkan oleh jamur *S. bicolor* (Lo and Ling, 1950). Jamur *S. bicolor* memiliki ciri antara lain koloni berwarna putih pucat; konidia hialin, lurus sampai agak melengkung, ujung meruncing, bagian pangkal agak membulat; serta memiliki panjang 38,5-51,5  $\mu\text{m}$  dan lebar 9,8-22,1  $\mu\text{m}$  (Quaedvlieg *et al.*, 2013). Pada umumnya *S. bicolor* memiliki konidia 3 septa dan konidia sedikit menyempit pada septa. Konidiofor pendek hialin yang memiliki panjang 2,1-3,4  $\mu\text{m}$  dan lebar 3,4  $\mu\text{m}$  (Rott *et al.*, 2000).

Pengendalian penyakit hange daun salah satunya dapat dilakukan dengan aplikasi fungisida. Menurut Putra dan Damayanti (2012) beberapa fungisida yang dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit hange daun yaitu fungisida berbahan aktif benomil, karbendazim, dan mankozeb. Di PT GMP penyakit hange daun dikendalikan dengan menggunakan fungisida sintetik berbahan aktif karbendazim, mankozeb, dan prokloraz mangan klorida kompleks. Namun demikian, sampai saat ini belum ditemukan laporan atau informasi tentang penggunaan bahan aktif fungisida ini untuk mengendalikan penyakit hange daun pada tanaman tebu. Oleh karena itu, digunakan informasi lain yang berkaitan dengan penggunaan bahan aktif ini pada penyakit dan tanaman lain. Sianipar dkk. (2023) melaporkan bahwa perlakuan fungisida berbahan aktif karbendazim dapat menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum scovillei* patogen antraknosa pada cabai. Hasil penelitian Widiastuti dkk. (2011) menyatakan bahwa fungisida dengan bahan aktif mankozeb mampu menghambat pertumbuhan koloni jamur *Fusarium* sp. patogen bercak coklat pada buah naga. Fang *et al.* (2023) melaporkan bahwa sebagian besar isolat *Ustilaginoidea virens* yang merupakan patogen luka api palsu pada padi masih sangat sensitif terhadap fungisida berbahan aktif prokloraz.

Selain menggunakan fungisida sintetik, pengendalian lainnya yang diduga dapat mengendalikan penyakit hangers daun salah satunya yaitu dengan fungisida nabati. Menurut Istianto dan Eliza (2009) fungisida nabati mengandung minyak atsiri yang bersifat racun terhadap jamur. Hasil penelitian Sharma dan Tamta (2015) menyatakan bahwa minyak atsiri dapat menghambat pertumbuhan miselia dan konidia *Colletotrichum falcatum* yang merupakan patogen busuk merah pada tanaman tebu. Diharapkan penelitian sensitivitas beberapa patogen tersebut terhadap fungisida ini akan sama dengan penelitian sensitivitas penyebab penyakit hangers daun terhadap fungisida. Selama ini, di PT GMP pengendalian penyakit hangers daun tidak secara terus-menerus menggunakan fungisida sintetik dan belum pernah dilaporkan pengendalian menggunakan fungisida nabati, sehingga diduga belum terjadi resistensi jamur penyebab penyakit hangers daun terhadap fungisida tersebut.

#### **1.4 Hipotesis**

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

1. Identitas penyebab penyakit hangers daun pada tanaman tebu di PT GMP merupakan *Saccharicola bicolor*, dan
2. Penyebab penyakit hangers daun yang ada di PT GMP bersifat sensitif terhadap fungisida berbahan aktif karbendazim, mankozeb, dan prokloraz mangan klorida kompleks serta fungisida dari ekstrak jamuan dan puyangan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.)

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman perkebunan semusim yang termasuk dalam famili Graminae atau Poaceae (rumput-rumputan), sub famili Andropogonae. Tebu tumbuh di dataran rendah daerah tropika dan dapat tumbuh juga di sebagian daerah subtropika. Negara di Asia yang memberikan kontribusi terhadap perkembangan gula dunia salah satu diantaranya adalah Indonesia.

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian mencatat Indonesia memiliki luas area tebu mencapai 344 ribu ha. Luas area pertanian tebu di Indonesia tersebar di beberapa daerah diantaranya di Jawa Timur (43,29%), Lampung (25,71%), Jawa Tengah (10,07%), dan Jawa Barat (5,87%) (Sulistiyanto dkk., 2021).

Sejarah penamaan tebu (*Saccharum officinarum* L.) diberikan oleh Linnaeus pada tahun 1753. Dalam bahasa Sanskerta, tebu disebut sebagai Carkara atau Karkara yang artinya kristal atau gravel. Di negara Arab, tebu dikenal sebagai Sakkara atau Sukkar. Bangsa Yunani menyebut tebu sebagai Sakchar atau Sakcharon dan pada akhirnya bangsa Romawi menyebut tebu sebagai Saccharum. Menurut *United States Department of Agriculture* (USDA) (2018) klasifikasi tanaman tebu adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Sub Kingdom : Tracheobionta  
Super Divisi : Spermatophyta  
Divisi : Magnoliophyta  
Kelas : Liliopsida

Sub Kelas : Commelinidae  
Ordo : Poales  
Famili : Graminae  
Genus : Saccharum  
Spesies : *Saccharum officinarum* Linn

Tanaman tebu terdiri dari akar, batang, daun, bunga dan buah. Akar tanaman tebu termasuk akar serabut, tidak panjang, berwarna putih kecoklatan, dan tumbuh dari cincin tunas anakan. Akar tebu dapat tumbuh menjalar hingga panjangnya dapat mencapai 0,5-1 m. Pada fase pertumbuhan batang, terbentuk pula akar dibagian yang lebih atas akibat pemberian tanah sebagai tempat tumbuh. Akar tebu terdiri dari akar tunas dan akar stek. Akar tunas merupakan akar yang tumbuh dari mata tunas dan menggantikan fungsi akar bibit, sedangkan akar stek merupakan akar yang tumbuh pada cincin akar batang dengan masa hidup tidak lama (Indrawanto dkk., 2010).

Batang tanaman tebu berdiri tegak lurus, tidak bercabang dan memiliki ruas-ruas dengan pembatas berupa buku-buku yang setiap buku terdapat mata tunasnya. Pada umumnya, jarak antar buku sekitar 15-25 cm. Tinggi tanaman tebu mencapai 2-5 m dengan diameter batang 3-5 cm. Batang tebu berasal dari mata tunas yang berada dibawah tanah yang tumbuh keluar dan berkembang membentuk rumpun. Satu rumpun batang tebu terdiri dari batang primer, sekunder, dan tersier. Batang primer adalah tunas yang muncul pertama dari mata tunas yang ditanam. Tunas yang muncul dari batang primer disebut batang sekunder, sedangkan batang yang muncul dari mata tunas batang sekunder disebut batang tersier (Indrawanto dkk., 2010).

Daun tanaman tebu memiliki bentuk seperti busur panah dan pita, membentuk selang-seling kanan dan kiri, memiliki pelepah seperti daun jagung dan tidak bertangkai. Daun tebu melekat pada batang di setiap buku-buku, secara bergantian dalam dua baris di sisi yang berlawanan. Pertulangan daun tebu yaitu sejajar dengan bagian tengah berlekuk. Tepi daun dan permukaan daun tebu memiliki tekstur yang kasar. Secara morfologi, daun tebu termasuk daun tidak lengkap,

karena tidak memiliki tangkai daun, hanya terdiri dari helaian daun dan pelepah daun (Indrawanto dkk., 2010).

Bunga tanaman tebu berupa malai berbentuk piramida yang memiliki panjang antara 50-80 cm. Pada bunga yang masak, benang sari (*pollen*) terbentuk panjang, sehingga kepala sari (*anther*) menggantung keluar dari tajuk bunga. Bunga akan terbentuk setelah tebu mencapai umur dewasa yaitu antara 12-14 bulan. Tipe penyerbukan pada tebu adalah penyerbukan silang yang secara alami dibantu oleh angin. Setelah terjadi penyerbukan, maka akan terbentuk bakal buah. Buah tebu seperti padi, memiliki satu biji dengan besar lembaga 1/3 panjang biji (Indrawanto dkk., 2010).

Tanaman tebu dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang memiliki pH antara 6-7,5. Pada pH yang tinggi ketersediaan unsur hara menjadi terbatas, sedangkan pada pH kurang dari 5 akan menyebabkan keracunan Fe dan Al pada tanaman (Indrawanto dkk., 2010). pH tanah yang sesuai untuk tanaman tebu adalah 5,5-8. Tanah yang banyak mengandung NaCl dan tanah asam kurang baik untuk tanaman tebu (Sudiarso dkk., 2016).

Curah hujan, suhu, cahaya dan angin juga berpengaruh pada pertumbuhan tebu. Tanaman tebu dapat tumbuh dengan baik di daerah yang memiliki curah hujan antara 1.000-1.300 mm per tahun dan sekurang-kurangnya 3 bulan mengalami kekeringan. Suhu ideal bagi tanaman tebu antara 24-34 °C dengan perbedaan suhu antara siang dan malam tidak lebih dari 10 °C. Tanaman tebu juga membutuhkan penyinaran 12-14 jam per hari. Proses fotosintesis akan terjadi secara optimal, apabila daun tanaman memperoleh radiasi penyinaran matahari secara penuh. Kecepatan angin berpengaruh dalam mengatur keseimbangan kelembaban udara dan kadar CO<sub>2</sub> disekitar tajuk yang mempengaruhi proses fotosintesis (Indrawanto dkk., 2010).

## 2.2 Penyakit Hangus Daun

Penyakit hangus daun disebabkan oleh jamur *Saccharicola bicolor* (Lo and Ling, 1950). Jamur yang menjadi patogen pada tebu akan menyerang daun dengan menimbulkan infeksi berupa lesio atau bercak pada daun. Infeksi berupa lesio atau bercak pada daun tersebut dapat menghambat proses fotosintesis yang dibutuhkan oleh tanaman untuk proses produksi (Ratnasari dkk., 2014).

Jamur *S. bicolor* memiliki *pycnidia* dalam jaringan daun, terutama di permukaan daun bagian atas. *Pycnidia* tersebut berbentuk bulat, berwarna coklat tua, berdiameter 150-228  $\mu\text{m}$ , memiliki dinding membran dengan tebal 13,7-17,1  $\mu\text{m}$ . *Pycnidia* memiliki ostiole yang sedikit terangkat, menonjol dan berdiameter 17,1-27,4  $\mu\text{m}$ . Terdapat sebanyak 150 *pycnidia* yang dihasilkan per  $\text{cm}^2$  jaringan daun dan masing-masing *pycnidia* rata-rata mengandung 700 konidia. Menurut Quaedvlieg *et al.* (2013) konidia hialin, lurus sampai agak melengkung, ujung meruncing, bagian pangkal agak membulat serta memiliki panjang 38,5-51,5  $\mu\text{m}$  dan lebar 9,8-22,1  $\mu\text{m}$ . Pada umumnya konidia terdiri atas 3 septa dan konidia sedikit menyempit pada septa. Selain itu, *S. bicolor* juga memiliki konidiofor pendek hialin yang memiliki panjang 2,1-3,4  $\mu\text{m}$  dan lebar 3,4  $\mu\text{m}$  (Rott *et al.*, 2000). Appressoria terbentuk di stomata dalam waktu 24 jam setelah konidia berkecambah, kemudian terjadi infeksi yang menembus sel penjaga.

Gejala hangus daun pada tanaman tebu yaitu adanya bercak-bercak yang kecil berwarna merah atau coklat kemerahan pada daun khususnya daun muda. Bercak-bercak kecil tersebut jarang atau rapat, memiliki panjang 0,5-3 mm dan lebar 0,3-1 mm serta bercak akan tampak sekitar 2-3 hari setelah penularan (Zhao *et al.*, 2021). Bercak-bercak secara bertahap memanjang menjadi berbentuk gelendong dan dikelilingi oleh jaringan berwarna kuning (halo) yang jelas. Pada serangan yang parah, maka bercak-bercak ini akan menyatu dan meluas di sepanjang berkas pembuluh ke puncak daun dan membentuk garis-garis berpola gelendong yang menjadi jalur memanjang serta panjang biasanya berukuran 5-17 cm dan lebar 0,3-1 cm. Bercak awalnya berwarna coklat kemerahan lalu menjadi berwarna seperti jerami kering yang dibatasi oleh tepian berwarna merah tua (Gambar 1).

Daun yang terinfeksi parah, akan mengering. Infeksi dapat mengurangi tinggi batang, diameter dan jumlah ruas batang, serta jumlah daun hijau (Ricaud *et al.*, 2012).



Gambar 1. Gejala penyakit hangus daun pada daun tebu (Sumber: Hariyono, 2020).

Pada gejala lanjut, ada banyak *pycnidia* berbentuk seperti titik kecil yang berwarna hitam dan berkembang di jaringan daun yang telah mati (Rott *et al.*, 2000). Menurut Eaganathan *et al.* (2014) *pycnidia* yang terbentuk berada di bagian atas permukaan daun. Bercak-bercak yang awalnya dihasilkan pada daun yang lebih tua biasanya tidak berkembang menjadi garis-garis. Perkembangan bercak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, dan bercak membutuhkan waktu 3 hingga 5 minggu untuk berkembang sepenuhnya. Pada varietas yang rentan, pembentukan bercak terjadi dengan cepat dan terjadi perubahan warna yang luas pada jaringan yang berdekatan. Seluruh bagian atas permukaan daun memperlihatkan gejala hangus yang khas, dan jaringan daun yang berwarna hijau normal hanya ada di gelendong daun saja (Ricaud *et al.*, 2012).

Penularan penyakit hangus daun dapat terjadi melalui penyebaran konidia oleh angin atau hujan yang disertai angin, serta biasanya juga pada musim hujan atau awal musim hujan. Selain itu, terjadinya penyakit ini juga berhubungan erat dengan kekeringan. Di Taiwan, penyakit ini menyebar dengan cepat setelah hujan, terutama selama musim panas ketika suhu tinggi dan hujan lebat yang dapat mempercepat penyebaran dan mendukung perkembangan patogen hangus daun. Pada musim gugur yang lebih kering, tanaman yang terinfeksi menunjukkan gejala hangus yang khas (Rott *et al.*, 2000). Penyebaran penyakit hangus daun juga dapat disebabkan oleh perpindahan stek tebu di antara perkebunan tebu. Penyakit hangus daun bukanlah penyakit sistemik, namun kebiasaan petani tebu meninggalkan pelepah daun dan lamina daun saat mengangkut stek tebu menyebabkan jamur pada daun yang terinfeksi dapat menular ke daerah lain (Putra dan Damayanti, 2012).

### **2.3 Identifikasi Jamur Patogen Tanaman**

Banyaknya jenis dari suatu organisme dikelompokkan ke dalam kelompok yang dibedakan berdasarkan kelas, yang kemudian diperinci dalam jenis genus tertentu. Identifikasi bertujuan untuk mengetahui tingkat keberagaman suatu spesies yang ada di suatu ekosistem. Dalam hal tersebut identifikasi membantu kita menentukan kekerabatan suatu organisme secara lebih spesifik, sehingga proses identifikasi menjadi salah satu hal yang sangat penting dalam menentukan taksa dari suatu organisme guna kepentingan lebih lanjut (Rukmana, 2015).

Sebagian besar spesies jamur diidentifikasi berdasarkan morfologi. Identifikasi morfologi dapat dilakukan berdasarkan pengamatan makroskopik dan mikroskopik. Pengamatan makroskopik dapat digunakan untuk identifikasi, karena hal tersebut menjadi salah satu karakter morfologi dari suatu jamur. Pengamatan makroskopik yang umumnya diamati yaitu warna, diameter, serta tekstur koloni pada media padat. Selain dengan pengamatan makroskopik, karakter morfologi suatu jamur juga dapat diamati secara mikroskopik. Pengamatan mikroskopik dilakukan dengan melihat warna, bentuk, dan tipe percabangan hifa, warna konidia dan konidiofor, serta bentuk dan kisaran ukuran

konidia dan konidiofor (Putri, 2021). Selain dengan identifikasi berdasarkan karakter morfologi, identifikasi jamur juga dapat dilakukan dengan identifikasi molekuler (Larekeng *et al.*, 2019).

Teknik identifikasi secara molekuler berkembang seiring dengan berkembangnya penemuan mengenai struktur DNA. Metode ini digunakan untuk mengatasi masalah taksonomi jamur (Sandy dkk., 2015). Namun, identifikasi molekuler merupakan langkah lebih lanjut yang memerlukan dana yang banyak dan teknologi yang mumpuni. Identifikasi secara molekuler dilakukan dengan memanfaatkan teknologi PCR (*Polymerase Chain Reaction*). PCR merupakan suatu teknik sintesis dan amplifikasi DNA secara *in vitro* yang melibatkan beberapa tahap yang berulang (siklus) dan pada setiap siklus terjadi duplikasi jumlah target DNA untai ganda (Yusuf, 2010).

#### **2.4 Sensitivitas Jamur Patogen Tanaman terhadap Fungisida**

Sensitivitas suatu jamur patogen terhadap fungisida berkaitan dengan reaksi patogen tersebut akibat adanya fungisida. Reaksi patogen ini dipengaruhi oleh bahan aktif pada fungisida. Bahan aktif yang terkandung dalam fungisida memiliki cara kerja yang berbeda-beda. Terkait dengan jenis bahan aktif pada fungisida, cara kerja fungisida dikenal dengan adanya kontak dan sistemik. Fungisida yang bekerja secara kontak (nonsistemik) merupakan fungisida yang bekerja hanya pada bagian tanaman yang terkena semprotan atau kontak langsung dengan fungisida. Fungisida ini bekerja secara nonspesifik (*multi site action*) dengan cara denaturasi protein yang menyebabkan kematian sel jamur. Fungisida yang bekerja secara sistemik merupakan jenis racun yang ketika disemprotkan ke tanaman akan diserap dan didistribusikan langsung ke seluruh bagian tanaman melalui jaringan inang. Fungisida ini dalam mengendalikan jamur patogen yaitu dengan membentuk berbagai penghambat kimia yang menyebar sebagai racun jamur dan menghambat pertumbuhan jamur melalui mekanisme yang lebih spesifik (*single site action*) (Nasution, 2022).

## 2.5 Fungisida yang Digunakan untuk Pengendalian Penyakit Hangus Daun

Fungisida merupakan salah satu jenis pestisida yang digunakan untuk mengendalikan penyakit pada tanaman yang disebabkan oleh jamur patogen dengan cara menghambat pertumbuhan jamur patogen tersebut (Nasution, 2022).

Beberapa fungisida yang diduga dan dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit hangus daun diantaranya sebagai berikut:

### 2.5.1 Fungisida Sintetik

Fungisida sintetik adalah fungisida yang dibuat dari bahan-bahan kimia sintetik. Fungisida ini dapat secara efektif digunakan ketika bahan aktif yang terkandung dalam fungisida tersebut memiliki karakteristik yang sesuai untuk menghambat pertumbuhan jamur patogen tanaman (Nasution, 2022).

Di PT GMP, beberapa bahan aktif fungisida yang digunakan untuk mengendalikan penyakit hangus daun yaitu karbendazim, mankozeb, dan prokloraz mangan klorida kompleks.

#### 1) Karbendazim

Fungisida dengan bahan aktif karbendazim merupakan fungisida yang bekerja secara spesifik (*single site action*). Karbendazim ditemukan pada tahun 1973 dalam penggolongan FRAC (*Fungicide Resistance Action Committee*) dan termasuk golongan benzimidazol. Golongan benzimidazol adalah jenis fungisida yang menghambat sintesis  $\beta$ -tubulin (beta-tubulin), menghambat pembentukan appressoria, menghambat pertumbuhan miselia pada jamur, serta membunuh sel-sel pada jamur patogen (Hudayya dan Hadis, 2013).

Karbendazim digunakan untuk menghambat pertumbuhan jamur dari golongan Ascomycetes dan Basidiomycetes. Selain itu, karbendazim juga dapat digunakan untuk perendaman benih untuk mencegah infeksi akibat patogen tular tanah (Malau dkk., 2022). Menurut Kementerian Pertanian (2020) karbendazim dapat diaplikasikan pada tanaman hortikultura. Namun, sampai

saat ini belum ada laporan pengaplikasian bahan aktif fungisida tersebut pada tanaman tebu.

## 2) Mankozeb

Fungisida dengan bahan aktif mankozeb merupakan fungisida yang berasal dari golongan ditiokarbamat, berupa maneb (*Mn-etilenbisditio-carbamate*) yang ditambah ion zink. Penambahan zink (seng) tersebut berfungsi untuk mengurangi fitoksisitas maneb (mangan) dan meningkatkan sifat fungisidanya serta menambah ion seng pada tanaman yang kekurangan hara (Agrios, 2005). FRAC mengklasifikasikan mankozeb dalam kelompok fungisida dengan mekanisme *multi site action* atau bekerja secara nonspesifik.

Fungisida berbahan aktif mankozeb berfungsi mencegah infeksi jamur dengan menghambat perkecambahan spora. Mankozeb efektif dalam menghambat perkecambahan spora, tetapi hanya pada permukaan daun. Yang *et al.* (2019) melaporkan bahwa mankozeb dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit daun yang bergejala lesi nekrotik berwarna coklat tua hingga hitam. Selain itu, Gullino *et al.* (2010) juga melaporkan bahwa mankozeb dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan jamur termasuk jamur dari golongan Ascomycetes, Oomycetes, Basidiomycetes. Kementerian Pertanian (2020) menyatakan bahwa mankozeb dapat digunakan pada tanaman pangan dan hortikultura. Akan tetapi, sampai saat ini belum ada laporan mengenai penggunaan bahan aktif ini pada tanaman tebu.

## 3) Prokloraz Mangan Klorida Kompleks

Fungisida dengan bahan aktif prokloraz mangan klorida kompleks merupakan fungisida yang telah ada sejak tahun 1977. Menurut Brancato *et al.* (2018) prokloraz mangan klorida kompleks dapat digunakan pada tanaman hortikultura dan pangan. Namun, sampai saat ini belum ada laporan penggunaan bahan aktif fungisida ini pada tanaman tebu. Prokloraz mangan klorida kompleks termasuk dalam kelompok imidazol, golongan fungisida DMI (*Demethylation Inhibitors*). Fungisida DMI atau penghambat demetilasi

dapat digunakan terhadap berbagai jenis penyebab penyakit pada daun dan tular tanah (Dyer *et al.*, 2000).

Fungisida DMI memiliki cara kerja *single site action* atau spesifik yaitu dengan menghambat biosintesis ergosterol pada membran jamur (Vinggaard *et al.*, 2006). Ergosterol adalah sterol yang dominan terdapat di membran sel jamur pada beberapa golongan jamur, seperti Ascomycetes, Basidiomycetes. Menurut Damicone (2017) sterol merupakan senyawa yang diperlukan untuk pertumbuhan banyak jamur patogen tanaman.

Fungisida DMI bekerja dengan memutus enzim  $14\alpha$ -sterol demethylase (CYP51). Hal ini dikarenakan target fungisida DMI yaitu enzim CYP51 yang merupakan enzim utama dalam jalur biosintesis ergosterol pada jamur. Selain itu, fungisida DMI juga dapat mempengaruhi fungsi penting enzim lainnya seperti kitinase, sintase yang terikat pada membran sel jamur (Price *et al.*, 2015).

### **2.5.2 Fungisida Nabati**

Fungisida nabati merupakan fungisida yang terbuat dari tumbuh-tumbuhan yang diproses dalam bentuk ekstrak (Djojosumarto, 2020). Menurut Hussein and Anssary (2018) tumbuhan dapat memproduksi senyawa kimia atau metabolit sekunder yang dapat melindungi dirinya dari serangan patogen, karena senyawa-senyawa tersebut bersifat antifungi, sehingga berpotensi untuk dijadikan fungisida nabati. Metabolit sekunder tersebut dapat menyebabkan perubahan struktural pada hifa dan miselia jamur patogen; mencegah perkecambahan spora, pertumbuhan miselium, dan penundaan sporulasi; serta menghambat produksi enzim penting, DNA, dan protein pada jamur (Deresa and Diriba, 2023).

Di PT GMP, tumbuhan yang berpotensi dijadikan sebagai fungisida nabati dan diduga dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit hangus daun yaitu jamur dan puyangan.

1) Jamuan (*Curcuma zedoaria*)

Jamuan atau yang dikenal dengan kunyit/temu putih merupakan salah satu spesies tanaman rimpang dari famili Zingiberaceae, genus *Curcuma*. Di Indonesia, tanaman ini banyak ditemukan di Jawa Barat, Jawa Tengah, Sumatera, Ambon dan Irian. Menurut Lianah (2019) klasifikasi jamuan adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Divisi : Spermatophyta  
Subdivisi : Angiospermae  
Kelas : Monocotyledonae  
Ordo : Zingiberales  
Famili : Zingiberaceae  
Genus : *Curcuma*  
Spesies : *Curcuma zedoaria*

Jamuan memiliki ciri morfologi yaitu tinggi sekitar 2 m, rhizoma utama berbentuk bulat telur dan berwarna putih atau kuning muda, bagian dalam umbi berwarna kuning pucat dan kulit umbi tipis (Gambar 2). Jamuan memiliki kandungan metabolit sekunder yang dapat digunakan sebagai antimikroba, antioksidan, anti tumor/kanker, antipiretik, antibakteri, antijamur (Das and Rahman, 2012). Azam *et al.* (2014) melaporkan bahwa metabolit sekunder jamuan terletak dibagian rhizoma yang meliputi flavonoid, alkaloid, kurkuminoid. Senyawa kimia yang terdapat pada kurkuminoid yaitu kurkumin yang berfungsi sebagai antimikroba. Selain itu, rimpang jamuan juga mengandung minyak atsiri yang berupa cairan kental berwarna kuning emas (Windono dan Parfati, 2002).



Gambar 2. Rhizoma jamuan (Sumber: Skornickova *et al.*, 2008).

## 2) Puyangan (*Zingiber zerumbet*)

Puyangan merupakan salah satu spesies tanaman rimpang dari famili Zingiberaceae, genus *Zingiber* (Husin dan Widjaja, 1987). Di Indonesia, tanaman ini dikenal dengan sebutan “lempuyang gajah” dan tersebar di wilayah Sumatra, Jawa dan Kalimantan. Menurut Kapitan dkk. (2017) klasifikasi puyangan adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Spermatophyta  
 Subdivisi : Angiospermae  
 Kelas : Monocotyledonae  
 Ordo : Zingiberales  
 Famili : Zingiberaceae  
 Genus : *Zingiber*  
 Spesies : *Zingiber zerumbet*

Puyangan memiliki ciri morfologi yaitu rhizoma berwarna kuning pucat dan berukuran sangat besar serta memiliki bau yang khas dari senyawa aromatik (Gambar 3) (Kress *et al.*, 2002). Selain itu, puyangan juga memiliki kandungan

metabolit sekunder yang dapat digunakan sebagai antioksidan, antipiretik, antikanker, antimikroba, antifungi (Sidahmed *et al.*, 2015). Yob *et al.* (2011) melaporkan bahwa metabolit sekunder pada puyangan dapat ditemukan di bagian rhizoma yang meliputi alkaloid, saponin, flavonoid (*kaempferol*, *quercetin*, dan *curcumin*) serta minyak atsiri. Minyak atsiri (*esensial oil*) yang terdapat pada puyangan yaitu zerumbon yang berfungsi sebagai komponen utama. Minyak atsiri ini juga merupakan senyawa antimikroba yang mudah menguap, dapat mengakibatkan tumbuhan memiliki aroma khas yang digunakan sebagai salah satu penciri spesies tumbuhan (Tewtrakul *et al.*, 1997).



Gambar 3. Rhizoma puyangan (Sumber: Yob *et al.*, 2011).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

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

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada saat penelitian adalah mikroskop, LAF (*Laminar Air Flow*), autoklaf, oven, mesin PCR, elektroforesis, *Digi-Doc Imaging System*, *water bath*, *centrifuge*, *hotplate stirrer*, *magnetic stirrer*, *microwave*, timbangan elektrik, *rotary mixer*, cawan petri, *erlenmeyer*, *beaker glass*, gelas ukur, tabung reaksi beserta rak tabung reaksi, tabung *centrifuge*, mikropipet 0-1000  $\mu\text{L}$ , tip 0-1000  $\mu\text{L}$ , *PCR tube* 100  $\mu\text{L}$ , bunsen, mortar dan alu, jarum ose, pinset, spatula, jarum pentul, pipet tetes, skalpel, kaca preparat, kaca penutup, bor gabus 0,5 cm, pisau, gunting, alat tulis, kamera *smartphone*, *hand sprayer*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bagian tanaman tebu yang bergejala, media PSA (*Potato Sucrose Agar*), alkohol 70%, NaOCl 10% , *streptomycin sulfate*, air steril, CTAB (*Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide*) 2%, PCI (*Phenol, Chloroform, Isoamyl alcohol*), CI (*Chloroform, Isoamyl alcohol*), isopropanol, primer ITS1 dan ITS4, *buffer*, *buffer TE*, *gel agarose*, plastik *wrapping*, *aluminium foil*, plastik tahan panas, selotip, tissue, kertas label, kertas

Whatman, beberapa jenis bahan aktif fungisida (jamuan, puyangan, karbendazim, mankozeb, dan prokloraz mangan klorida kompleks).

### **3.3 Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.3.1 Isolasi dan Pemurnian Penyebab Penyakit Hangus Daun**

Isolasi dilakukan bertujuan agar didapatkan biakan murni patogen yang menyerang tanaman yang diamati. Isolasi penyebab penyakit hangus daun pada tanaman tebu dilakukan dari daun tebu yang menunjukkan gejala. Bagian daun yang berbatasan antara sehat dan yang bergejala dipotong dengan ukuran kurang lebih 0,1-0,3 cm. Selanjutnya, potongan daun tersebut disterilkan dengan cara direndam dalam larutan Natrium Hipoklorid (NaOCl) 10% selama kurang lebih 3 menit. Setelah itu, potongan dibilas dengan cara dicelupkan ke dalam air steril sebanyak 3 kali. Potongan daun kemudian dikering anginkan di atas kertas Whatman hingga benar-benar kering. Selanjutnya, potongan daun tersebut diletakkan pada media PSA (*Potato Sucrose Agar*) dalam cawan petri, kemudian ditutup dan diinkubasi selama 5-7 hari serta diamati pertumbuhannya.

Semua tahapan isolasi dilakukan di dalam LAF (*Laminar Air Flow*) untuk menjaga kondisi aseptik, sehingga dapat mengurangi terjadinya kontaminasi. Setelah miselia patogen hangus daun tumbuh, kemudian dilakukan pemurnian pada semua koloni jamur yang tumbuh dan dianggap berbeda berdasarkan kenampakan secara makroskopis meliputi warna dan bentuk koloni. Pemurnian bertujuan agar diperoleh biakan murni tanpa ada pertumbuhan mikroba lain. Pemurnian dilakukan dengan cara, yaitu masing-masing jamur diambil dan diletakkan pada media PSA yang baru dengan menggunakan jarum ose. Apabila jamur yang tumbuh masih bercampur dengan jamur yang lain, maka dimurnikan kembali. Hasil pemurnian digunakan untuk inokulasi pada tanaman tebu varietas RGM 06-654.

### **3.3.2 Uji *Postulat Koch* Penyebab Penyakit Hangus Daun**

Uji *postulat koch* dilakukan dengan menginokulasikan isolat murni jamur penyebab penyakit hangus daun ke tanaman tebu yang berumur 1 bulan. Inokulasi dilakukan pada tanaman tebu yang sehat dengan cara terlebih dahulu tanaman dilukai dengan digores sedikit menggunakan jarum pentul, kemudian ditempelkan potongan isolat murni jamur yang telah dibor gabus dengan ukuran 0,5 cm, lalu ditutup dengan kapas lembab dan solasi plastik bening. Pengujian dilakukan pada tiga daun, yaitu daun ke 1, 2, dan 3 di setiap batang dalam satu rumpun tanaman tebu sehat. Selanjutnya, diinkubasi selama kurang lebih 7 hari hingga muncul gejala pada tanaman tebu. Pengamatan dilakukan dengan mengamati gejala penyakit yang muncul pada tanaman tebu dan dilakukan setiap hari sampai gejala tersebut muncul. Apabila telah muncul gejala penyakit pada tanaman tebu, dan gejala tersebut sama dengan gejala yang ada di lapang, maka dilakukan reisolasi atau isolasi kembali yang bertujuan untuk mengetahui isolat jamur yang tumbuh sama atau tidaknya dengan isolat jamur yang diperoleh pada saat isolasi awal.

### **3.3.3 Identifikasi Penyebab Penyakit Hangus Daun**

#### **3.3.3.1 Identifikasi Morfologi**

Identifikasi morfologi dilakukan berdasarkan pengamatan makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis dilakukan terhadap warna koloni, bentuk koloni, tekstur koloni, dan diameter koloni; sedangkan pengamatan mikroskopis dilakukan terhadap bentuk hifa, konidia, dan konidiofor; warna hifa, konidia, dan konidiofor; serta ada tidaknya sekat pada hifa, konidia, dan konidiofor.

Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler Olympus Bx53 pada perbesaran 400x.

#### **3.3.3.2 Identifikasi Molekuler**

Identifikasi secara molekuler dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu ekstraksi DNA, amplifikasi DNA, skuensing dan penyusunan pohon filogenetik.

Identifikasi molekuler pada penelitian ini menggunakan satu isolat jamur. Jamur

hasil isolasi yang digunakan pada identifikasi molekuler ini ditumbuhkan pada media cair selama 7 hari. Selanjutnya, DNA genom diekstraksi dengan metode CTAB (*Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide*). Proses ekstraksi DNA dilakukan dengan cara memindahkan koloni jamur yang telah ditumbuhkan dalam media cair ke dalam tabung *centrifuge* dengan volume 10 mL, kemudian disentrifugasi selama 10 menit dengan suhu 21°C dan kecepatan 14.000 rpm. Selanjutnya, supernatan dibuang dan diambil *pelletnya*, kemudian ditambahkan alkohol 70% sebanyak 500 µL. Setelah itu, disentrifugasi kembali selama 10 menit dengan kecepatan 14.000 rpm, kemudian supernatan dibuang kembali dan *pellet* ditambah dengan 1000 µL buffer ekstraksi DNA. Selanjutnya, *pellet* dan *buffer* tersebut dihomogenkan menggunakan *rotary mixer*. Setelah larutan homogen, kemudian dimasukkan ke dalam lemari pendingin untuk diinkubasi selama 1-2 hari.

*Pellet* dan *buffer* yang telah diinkubasi selanjutnya ditumbuk hingga halus dengan menggunakan mortar selama 15 menit, kemudian dipindahkan ke dalam tube 1,5 mL sebanyak 0,5 mL dan ditambahkan 400 µL CTAB 2%, lalu di *water bath* agar suhu tetap konstan selama 1 jam pada suhu 65°C. Selanjutnya, *pellet* dan *buffer* yang sudah di *water bath*, ditambahkan 500 µL PCI (*Phenol, Chloroform, Isoamyl alcohol*), kemudian disentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 14.000 rpm. Setelah itu, diambil larutan yang berwarna bening atau supernatan sebanyak 500 µL menggunakan mikropipet, kemudian dipindahkan ke dalam tabung mikrosentrifus 1,5 mL yang baru. Selanjutnya, ditambahkan CI (*Chloroform, Isoamyl alcohol*) dengan perbandingan yang sama dengan volume larutan sebelumnya yaitu 1:1. Setelah itu, disentrifugasi kembali dengan kecepatan 14.000 rpm selama 10 menit.

Supernatan hasil sentrifugasi diambil dengan menggunakan mikropipet sebanyak 400 µL, kemudian dipindahkan ke tabung mikrosentrifus 1,5 mL baru dan ditambahkan isopropanol dingin dengan volume 500 µL lalu dihomogenkan. Selanjutnya, larutan diinkubasi pada suhu -20 °C selama 20 menit dan disentrifugasi kembali selama 10 menit dengan kecepatan 14.000 rpm untuk mendapatkan *pellet*. Setelah itu, *pellet* ditambahkan 500 µL alkohol 70%, kemudian disentrifugasi kembali selama 5 menit dengan kecepatan 14.000 rpm. Supernatan kemudian

dibuang dan dikering anginkan selama 1-2 hari. Pellet yang telah dikeringkan selama 1-2 hari, kemudian ditambahkan 20  $\mu\text{L}$  buffer TE. Selanjutnya, DNA genom dicek menggunakan elektroforesis pada *gel agarosa* 0,1%. Elektroforesis dilakukan selama 60 menit pada tegangan 55 volt. Hasil elektroforesis kemudian divisualisasikan menggunakan alat *Digi-Doc-Imaging System*.

Tahapan identifikasi secara molekuler selanjutnya yaitu amplifikasi DNA. DNA yang telah diekstraksi kemudian diamplifikasi menggunakan primer ITS (*Internal Transcribed Spacer*). Primer ITS yang digunakan yaitu pasangan primer ITS 1 dan ITS 4. Amplifikasi DNA dilakukan dengan cara mencampurkan 12,5  $\mu\text{L}$  Red mix, 1  $\mu\text{L}$  primer *forward*, 1  $\mu\text{L}$  primer *reverse*, 1  $\mu\text{L}$  DNA dan 9,5  $\mu\text{L}$  air steril yang menjadi 25  $\mu\text{L}$  campuran reaksi. Selanjutnya, dilakukan beberapa tahap utama siklus amplifikasi yaitu, *denaturasi*, *annealing*, dan *extension*.

Proses amplifikasi menggunakan primer *forward* ITS 1 (5'-TCC GTA GGT GAA CCT GCG G-3') dan primer *reverse* ITS 4 (5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3'). Amplifikasi dilakukan selama 5 menit pada suhu 95 °C untuk tahap *pre denaturasi* awal, kemudian diikuti dengan 35 siklus. *Denaturasi* dilakukan selama 1 menit pada suhu 95 °C. *Anneling* dilakukan selama 1 menit pada suhu 48 °C dan *extension* pada suhu 72 °C dilakukan selama 5 menit. Selanjutnya, produk hasil PCR dielektroforesis pada *gel agarosa* 0,1% selama 60 menit pada tegangan 55 volt. Hasil elektroforesis kemudian divisualisasikan menggunakan *Digi-Doc-Imaging System*.

Proses selanjutnya yaitu sekuensing. Hasil produk amplifikasi DNA kemudian disekuensing di PT. Genetika Science Indonesia. Hasil sekuensing dikonfirmasi dengan database NCBI (*National Centre for Biotechnology Information*) program *BLASTN* (*Basic Local Alignment Search Tool for Nucleotide Sequences*). Sekuen sampel uji tersebut disejajarkan (*alligment*) menggunakan program *CLUSTALW* (*Clustal W Multiple Alignment*) MEGA versi 11. Pohon filogenetik disusun menggunakan *software* MEGA (*Moleculer Evolutionary Genetics Analysis*) versi 11 dengan metode NJ (*Neighbor Joining*) dan *bootsrap* 1000 kali ulangan, kemudian dipilih *out group* sebagai pembanding. Penentuan spesies jamur hasil

isolasi didasarkan pada spesies dengan kekerabatan terdekat pada pohon filogenetik yang diperoleh.

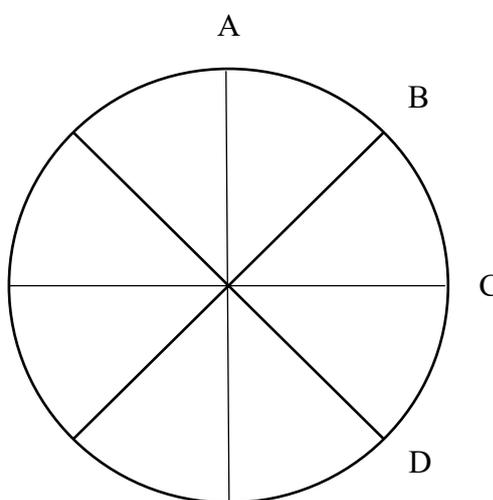
### **3.3.4 Uji Sensitivitas Jamur Penyebab Penyakit Hangus Daun terhadap Fungisida**

Pengujian reaksi penyebab penyakit hangus daun terhadap beberapa bahan aktif fungisida dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan yaitu F0 Kontrol (tanpa fungisida), F1 (jamuan), F2 (puyangan), F3 (karbendazim), F4 (mankozeb), dan F5 (prokloraz mangan klorida kompleks). Seluruh perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga akan diperoleh 18 satuan percobaan. Uji sensitivitas penyebab penyakit hangus daun dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis fungisida sintetis dan fungisida nabati. Fungisida sintetis yang digunakan yaitu Bendas 50 WP (karbendazim 50%), Metazeb 80 WP (mankozeb 80%), dan Octave 50 WP (prokloraz mangan klorida kompleks 50%); sedangkan fungisida nabati yang digunakan yaitu ekstrak rhizoma jamuan (*C. zedoaria*) dan puyangan (*Z. zerumbet*) yang merupakan tumbuhan dari famili Zingiberaceae. Semua jenis fungisida yang digunakan tersebut diperoleh dari PT GMP.

Pengujian tingkat sensitivitas penyebab penyakit hangus daun terhadap fungisida dilakukan dengan metode makanan beracun (*poisoned food technique*). Isolat jamur yang digunakan untuk uji sensitivitas yaitu isolat murni hasil isolasi dari daun tebu yang bergejala. Pengujian dilakukan dengan cara menumbuhkan jamur pada media yang mengandung fungisida dengan masing-masing konsentrasi yaitu jamuan dan puyangan (10 g/100 mL), karbendazim (0,1 g/100 mL), mankozeb (0,24 g/100 mL), dan prokloraz mangan klorida kompleks (0,25 g/100 mL). Masing-masing media PSA (*Potato Sucrose Agar*) yang akan digunakan untuk semua perlakuan dicampur dengan fungisida sesuai dengan takaran yang telah ditentukan. Selanjutnya, media dihomogenkan dan dituang ke dalam cawan petri yang steril. Pada uji fungisida ini, setiap perlakuan digunakan 100 mL untuk 6 cawan petri atau 17 mL untuk setiap cawannya. Apabila media yang bercampur dengan fungisida telah dituang ke dalam cawan petri, kemudian media dibiarkan

memadat. Setelah itu, cuplikan hifa jamur diambil dari biakan murni berumur 7 hari menggunakan bor gabus dengan diameter 5 mm. Biakan diletakkan tepat di tengah cawan petri yang sudah berisi kmedia bercampur dengan fungisida, kemudian biakan diinkubasi dalam suhu ruang.

Pengamatan sensitivitas terhadap fungisida dilakukan setiap 2 hari sebanyak 4 kali dengan mengukur diameter koloni. Diameter koloni diukur menggunakan penggaris dari berbagai arah yang berbeda (Gambar 4). Diameter koloni pada setiap pengamatan merupakan rata-rata pengukuran dari berbagai arah yang berbeda menggunakan satuan centimeter (cm).



Gambar 4. Pola pengukuran rata-rata diameter koloni jamur (Sumber: Rahmawati dkk., 2020).

Keterangan :

- A = Pengukuran diameter jamur secara vertikal
- B = Pengukuran diameter jamur secara diagonal
- C = Pengukuran diameter jamur secara horizontal
- D = pengukuran diameter jamur secara diagonal

Tingkat sensitivitas jamur penyebab penyakit hangus daun terhadap fungisida ditentukan dari nilai tingkat hambatan relatif (THR). Nilai THR dihitung berdasarkan pertumbuhan koloni jamur pada media kontrol dan perlakuan.

Menurut Kumar *et al.* (2007) nilai THR dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{THR} = \frac{d_k - d_p}{d_k} \times 100\%$$

Keterangan : THR = Tingkat hambatan relatif

$d_k$  = Diameter koloni kontrol

$d_p$  = Diameter koloni perlakuan

Kriteria nilai THR menurut Kumar *et al.* (2007) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria nilai tingkat hambatan relatif (THR)

<b>THR</b>	<b>Kriteria</b>	<b>Keterangan</b>
> 90%	SS	Sangat Sensitif
> 75-90%	S	Sensitif
> 60-75%	KS	Kurang Sensitif
> 40-60%	R	Resisten
≤ 40%	SR	Sangat Resisten

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan ciri-ciri morfologi dan hasil identifikasi secara molekuler disimpulkan bahwa penyebab penyakit hangeus daun yang ada di PT GMP merupakan jamur *Saccharicola bicolor*, dan
2. Penyebab penyakit hangeus daun (*S. bicolor*) bersifat sangat sensitif terhadap fungisida berbahan aktif karbendazim, mankozeb, prokloraz mangan klorida kompleks, dan ekstrak puyangan (*Z. zerumbet*) serta kurang sensitif terhadap fungisida dari ekstrak jamuan (*C. zedoaria*).

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini penulis menyarankan untuk dilakukan uji resiko terhadap adanya resistensi patogen hangeus daun tebu yang ada di PT GMP dengan beberapa bahan aktif fungisida lainnya apabila terpapar secara terus-menerus.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. 2005. *Plant Pathology: Fifth Edition*. Academic Press. New York. 922 p.
- Andriani, D., Wiyono, S., dan Widodo. 2017. Sensitivitas *Colletotrichum* spp. pada cabai terhadap benomil, klorotalonil, mankozeb dan propineb. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 13(4): 119-126.
- Azam, Md. G., Noman, Md. S., and Al-Amin, Md. M. 2014. Phytochemical screening and antipyretic effect of *Curcuma zedoaria* Rosc. (zingiberaceae) rhizome. *British Journal of Pharmaceutical Research*. 4(5): 569-575.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2020. *Statistik Tebu Indonesia*. Badan Pusat Statistik/BPS Statistics Indonesia. Jakarta. <https://www.bps.go.id/id>. Diakses pada tanggal 29 Agustus 2023 pukul 17.00 WIB.
- Brancato, A., Brocca, D., Cabrera, L. C., Lentdecker, C. D., Erdos, Z., Ferreira, L., Greco, L., Jarrah, S., Kardassi, D., Leuschner, R., Lostia, A., Lythgo, C., Medina, P., Miron, I., Molnar, T., Pedersen, R., Reich, H., Sacchi, A., Santos, M., Stanek, A., Sturma, J., Tarazona, J., Theobald, A., Vagenende, B., and Bouza, L. V. 2018. Review of the existing maximum residue levels for prochloraz according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005. *EFSA Journal*. 16(8): 1-70.
- Budyanto, A. K. 2018. *Membuat Fungisida Organik*. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang. 72 hlm.
- Cremlyn, R. 1978. *Pesticides*. John Wiley and Sons, Brisbane. 240 p.
- Damicone, J. 2003. *Fungicide Resistance Management*. Agricultural Sciences and Natural Resources. Oklahoma State University. 8 p.
- Das, K. and Rahman, M. A. 2012. Analgesic and antimicrobial activities of *Curcuma zedoaria*. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 4(5): 322-328.

- Deresa, E. M. and Diriba, T. F. 2023. Phytochemicals as alternative fungicides for controlling plant diseases: a comprehensive review of their efficacy, commercial representatives, advantages, challenges for adoption, and possible solutions. *Journal Heliyon*. 9(3): 1-16.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2020. *Outlook Tebu*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Jakarta.  
<https://repository.pertanian.go.id/items/5bc713c7-7474-4ce4-b1d6-c24c46854689>. Diakses pada tanggal 18 Juli 2023 pukul 10.30 WIB.
- Djojosumarto, P. 2020. *Pengetahuan Dasar Pestisida Pertanian dan Penggunaannya*. PT AgroMedia Pustaka. Jakarta. 502 hlm.
- Doloking, H. 2023. Metode dan jenis pelarut untuk ekstraksi zerumbon dari rimpang *Zingiber zerumbet* L. Smith: Kajian Pustaka. *Jurnal Farmasi UIN Alauddin Makassar*. 11(1): 1-6.
- Dyer, P. S., Hansen, J., Delaney, A., and Lucas, J. A. 2000. Genetic control of resistance to the sterol 14a-Demethylase inhibitor fungicide prochloraz in the cereal eyespot pathogen *Tapesia yellundae*. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*. 66(11): 4599-4604.
- Eaganathan, U., Sophia, J., Luckose, V., and Benjamin, F. J. 2014. Identification of sugarcane hangus daun diseases using K-means clustering segmentation and K-NN based classification. *International Journal of Advances in Computer Science and Technology (IJACST)*. 3(12) :11-16.
- Eriksson, O. E. and Hawksworth, D. L. 2003. *Saccharicola*, a new genus for two *Leptosphaeria* species on sugarcane. *Journal Mycologia*. 95(3): 426-433.
- Fang, A., Zhang, R., Qiao, W., Peng, T., Qin, Y., Wang, J., Tian, B., Yu, Y., Sun, W., Yang, Y., and Bi, C. 2023. Sensitivity baselines, resistance monitoring, and molecular mechanisms of the rice false smut pathogen *Ustilaginoidea virens* to prochloraz and azoxystrobin in four regions of Southern China. *Journal of Fungi*. 9(8): 1-13.
- FRAC (*Fungicide Resistance Action Committee*). 2023. *Fungal Control Agents Sorted by Cross-Resistance Pattern and Mode of Action (Including Coding for FRAC Groups on Product Labels)*. 18 p.
- Gershenzon, J. and Dudareva, N. 2007. The function of terpene natural product in the natural world. *Journal of Nature Chemical Biology*. 5(3): 408-414.
- Gullino, M. L., Tinivella, F., Garibaldi, A., Kemmitt, G. M., Bacci, L., and Sheppard, B. 2010. Mancozeb: past, present and future. *Journal of Plant Disease*. 94(9): 1076-1087.

- Hariyono, B. 2020. *Prosiding Seminar Nasional Status dan Inovasi Teknologi Tanaman Tebu: Inovasi Teknologi on Farm Tebu untuk Mendukung Upaya Pemenuhan Kebutuhan dan Swasembada Gula Nasional*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Perkebunan. Malang. 246 hlm.
- Hussein, R. A. and Anssary, A. A. E. 2018. Plants secondary metabolites: the key drivers of the pharmacological actions of medicinal plants. *Journal of Herbal Medicine*. 1(3): 11-30.
- Husin, M. D. dan Widjaja, E. A. 1987. Bukti anatomi dalam taksonomi kerabat-kerabat *Zingiber zerumbet*. *Jurnal Floribunda*. 1(1): 1-4.
- Indrawanto, C., Purwono., Siswanto., Syakir, M., dan Rumini, W. M. S. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Tebu*. ESKA Media. Jakarta. 44 hlm.
- Istianto, M. dan Eliza. 2009. Aktivitas antijamur minyak atsiri terhadap penyakit antraknos buah pisang di penyimpanan pada kondisi laboratorium. *Jurnal Hortikultura*. 19(2): 192-198.
- Kaiser, W. J. and Ndimande, B. N. 1979. Leaf scorch disease of sugarcane in Kenya caused by a new species of *Leptosphaeria*. *Journal Mycologia*. 21(3): 479-492.
- Kapitan, O. B., Ambarsari, L., dan Falah, S. 2017. In vitro antibakteri ekstrak etanol puni (*Zingiber zerumbet*) asal Pulau Timor. *Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering*. 2(2): 29-32.
- Kementerian Pertanian. 2020. *Pemberian Nomor Pendaftaran dan Izin Tetap Pestisida*. Jakarta. 24 hlm.
- Kementerian Pertanian. 2021. *Analisis Kinerja Perdagangan Gula Pasir*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal. Jakarta. 59 hlm.
- Kumar, A. S., Reddy, N. P. E., Reddy, K. H., and Devi, M. C. 2007. Evaluation of fungicidal resistance among *Colletotrichum gloeosporioides* isolates causing mango anthracnose in agri export zone of Andhra Pradesh India. *Journal of Plant Pathol Bull*. 6(3): 157-160.
- Kusumawati, A. dan Putratama, D. R. 2023 Evaluasi kesesuaian lahan tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) di lahan pasiran Cangkringan, Yogyakarta. *Jurnal Agroteknika*. 6(1): 91-102.
- Larekeng, S. H., Gusmiaty., Restu, M., Tunggal, A., and Susilowati, A. 2019. Isolation and identification of rhizospheric fungus under Mahoni (*Swietenia mahagoni*) stands and its ability to produce IAA (Indole Acetid Acid) hormones. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 343(1): 1-11.

- Lianah. 2019. *Biodiversitas Zingiberaceae Mijen Kota Semarang*. CV Budi Utama. Yogyakarta. 177 hlm.
- Lo, T. T. and Ling, K. C. 1950. Leaf scorch of sugarcane. *Journal of Sugarcane Research*. 4: 325-335.
- Malau, R., Khalimi, K., dan Sudana, I. M. 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.
- Nasution, L. 2022. *Buku Ajar Pestisida dan Teknik Aplikasi*. UMSU Press. Medan. 16 hlm.
- Pramesh, D., Amoghavarsha, C., Nagaraj, T., Saddamhusen, A., Chidanandappa, E., Sharanabasav, H., Raghunandana, A., Kumar, M. H. M., Huruli, S., Mahantashivayogayya, K., Reddy, B. G. M., and Gowdar, S. B. 2020. Bio-efficacy of combination fungicide prochloraz 27% + tricyclazole 23% SE for the management of blast disease of rice. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9(4): 3027-3032.
- Price, C. L., Parker, J. E., Warrilow, A. G. S., Kelly, D. E., and Kelly, S. L. 2015. Azole fungicides-understanding resistance mechanisms in agricultural fungal pathogens. *Journal Pest Management Science*. 71: 1054-1058.
- Purwanti., Suranto., dan Setyaningsih, R. 2003. Potensi penghambatan minyak atsiri dan ekstrak kasar rimpang lempuyang (*Zingiber spp.*) terhadap pertumbuhan *Fusarium oxysporum* Schlecht f.sp. cubense. *Jurnal Biofarmasi*. 1(2): 58-6.
- Putra, L. K. dan Damayanti, T. A. 2012. Major diseases affecting sugarcane production in Indonesia. *Journal Functional Plant Science and Biotechnology*. 6(2): 124-129.
- Putri, Y. D. 2021. *Unit 7 Pengamatan Morfologi Cendawan*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Makassar. 8 hlm.
- Quaedvlieg, W., Verkley, G. J. M., Shin, H. D., Barreto, R. W., Alfenas, A. C., Swart, W. J., Groenewald, J. Z., and Crous, P. W. 2013. Sizing up Septoria. *Journal Studies in Mycology*. 75(1): 307-390.
- Rahmawati., Setiawati, R. A., dan Rusmiyanto, E. P. W. 2020. Pertumbuhan isolat jamur pasca panen penyebab busuk buah pisang ambon (*Musa paradisiaca* L.) secara in vivo. *Jurnal Biologi Makassar*. 5(2): 210-217.
- Ratnasari, E. K., Ginardi, R. V. H., dan Fatichah, C. 2014. Pengenalan penyakit noda pada citra daun tebu berdasarkan ciri tekstur *fractal dimension co*-

*occurrence matrix dan LAB color moments. JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi.* 12(2): 27- 36.

- Ricaud, C., Egan, B. T., Gillaspie, A. G., and Hughes, C. G. 2012. *Diseases of Sugarcane: Major Diseases*. Elsevier. New York. 412 p.
- Rott, P., Bailey, R. A., Comstock, J. C., Croft, B. J., and Saumtally, A. S. 2000. *A Guide to Sugarcane Diseases*. Cirad. France. 334 p.
- Rukmana, S. 2015. Perbandingan *sekuens* kapang *Trichoderma* sp. berdasarkan *Internal Transcribed Spacer (ITS) rDNA* dengan menggunakan *database NCBI. Skripsi*. UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Sandy, Y. A., Djauhari, S., dan Sektiono, A. W. 2015. Identifikasi molekuler jamur antagonis *Trichoderma harzianum* diisolasi dari tanah pertanian di Malang, Jawa Timur. *Jurnal HPT*. 3(3): 1-8.
- Sharma, R. and Tamta, S. 2015. A review on red rot: the “cancer” of sugarcane. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*. 1-8.
- Sianipar, T. G., Khalimi, K., dan Singarsa, I. D. P. 2023. Pengaruh fungisida berbahan aktif tunggal dan campuran metiltiofanat dan karbendazim terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum scovillei* secara in vitro. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 12(1): 82-93.
- Sidahmed, H. M. A., Hashim, N. M., Abdulla, M. A., Ali, H. M., Mohan, S., Abdelwahab, S. I., Taha, M. M. E., Fai, L. M., and Vadivelu, J. 2015. Antisecretory, gastroprotective, antioxidant and anti-helicobacter pylori activity of zerumbone from *Zingiber zerumbet* (L.) Smit. *Journal PLOS ONE*. 10(3): 1-21.
- Skornickova, J. L., Sída, O., Sabu, M., and Marhold, K. 2008. Taxonomic and nomenclatural puzzles in Indian Curcuma: the identity and nomenclatural history of *C. zedoaria* (Christm.) Roscoe and *C. zerumbet* Roxb. (Zingiberaceae). *Journal Taxon*. 57(3): 949-962.
- Sudiarso., Budi, S., Tarno, H., dan Sari, S. 2016. Optimalisasi budidaya tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) di lahan kering berbasis varietas dan perbanyak bibit berorientasi hamparan, mekanisasi dan kebijakan. *Jurnal Cakrawala*. 10(1): 67-79.
- Sugiyanto, C. 2007. Permintaan gula di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*. 8(2): 113-127.
- Sulaiman, A. 2015. Pedoman budidaya tebu giling yang baik (*good agricultural practices/GAP for sugarcane*). *Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia*. 16(02): 1-47.

- Sulistiyanto, T. Q., Sinaga, S. M., dan Suryanda, A. 2021. Pemahaman dan perspektif mahasiswa mengenai manfaat air tebu (*Saccharum officinarum*) dalam prospek kesehatan. *Jurnal Pro-Life*. 8(3): 199-204.
- Suranto, T. A., Harsanto, U., and Harsanto, N. 1989. Trials of leaf scorch disease in Indonesia. *Indonesia Sugar Journal*. 15(4): 42-45.
- Tewtrakul, S., Sardsaengjun, C., Itchayapruk, J., and Chaitongruk, P. 1997. Studies on volatile oil components in *Zingiber zerumbet* Smits rhizomes by Gas Chromatography. *Songklanakarinn Journal Science Technology*. 19(2): 197-202.
- Tsuchiya, H., Sato, M., Miyazaki, T., Fujiwara, S., Tanigaki, S., Ohyama, M., Tanaka, T., and Linuma, M. 1996. Comparative study on the antibacterial activity of phytochemical flavonoids against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Journal of Ethnopharmacology*. 50: 27-34.
- 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 5 November 2023 pukul 22.00 WIB.
- Vinggaard, A. M., Hass, U., Dalgaard, M., Andersen, H. R., Jorgensen, E. B., Christiansen, S., Laier, P., and Poulsen, M. E. 2006. Prochloraz: an imidazole fungicide with multiple mechanisms of action. *International Journal of Andrology*. 29:186-192.
- Widiastuti, A., Agustina, W., Wibowo, A., dan Sumardiyono, C. 2011. Uji efektivitas pestisida terhadap beberapa patogen penyebab penyakit penting pada buah naga (*Hylocereus sp.*) secara *in vitro*. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 17(2): 73-76.
- Windono, T. dan Parfati, N. 2002. Curcuma zedoria (bergius) Roscoe kajian pustaka kandungan kimia dan aktivitas farmakologik. *Journal Artocarpus: Media Pharmaceutica Indonesiana*. 2(1):1-10.
- Yang, L. N., He, M. H., Ouyang, H. B., Zhu, W., Pan, Z. C., Sui, Q. J., Shang, L. P., and Zhan, J. 2019. Cross-resistance of the pathogenic fungus *Alternaria alternata* to fungicides with different modes of action. *Journal of BMC Microbiology*. 19(205): 1-10.
- Yob, N. J., Jofry, S. M., Affandi, M. M. R. M. M., Teh, L. K., Salleh, M. Z., and Zakaria, Z. A. 2011. *Zingiber zerumbet* (L.) Smith: a review of its ethnomedicinal, chemical, and pharmacological uses. *Journal Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 1-12.
- Yusuf, Z. K. 2010. Polymerase chain reaction (PCR). *Jurnal Saintek*. 5(6): 1-6.

Zhao, P., Crous, P. W., Hou, L. W., Duan, W. J., Cai, L., Ma, Z. Y., and Liu, F.  
2021. Fungi of quarantine concern for China I: Dothideomycetes.  
*Journal of Persoonia*. 47: 45-105.