

**POTENSI RESISTENSI JAMUR *Xylaria* sp. PENYEBAB PENYAKIT
BUSUK AKAR DAN PANGKAL BATANG TEBU TERHADAP
FUNGISIDA KARBENDAZIM**

(Skripsi)

**Anita Maharani
2214191011**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

POTENSI RESISTENSI JAMUR *Xylaria* sp. PENYEBAB PENYAKIT BUSUK AKAR DAN PANGKAL BATANG TEBU TERHADAP FUNGISIDA KARBENDAZIM

Oleh

ANITA MAHARANI

Penyakit busuk akar dan pangkal batang tebu (BAPB) yang disebabkan oleh jamur *Xylaria* sp. merupakan salah satu kendala utama dalam budidaya tebu di Lampung. Penyakit ini berpotensi menurunkan produktivitas dan rendemen gula secara signifikan. Salah satu pilihan dalam tindakan pengendalian BAPB tebu adalah aplikasi fungisida, seperti karbendazim. Namun demikian, penggunaan fungisida dalam jangka panjang dapat memicu munculnya resistensi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi resistensi *Xylaria* sp. terhadap karbendazim. Penelitian dilaksanakan pada September 2025 – Februari 2026 di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian dimulai dari isolasi jamur, generasi mutan resisten, uji stabilitas resistensi, uji morfologi koloni pada berbagai suhu, serta uji resistensi silang terhadap fungisida lain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mutan *Xylaria* sp. masih mampu tumbuh pada media yang mengandung karbendazim hingga konsentrasi 4,0 µg/mL. Nilai EC₅₀ kultur parental sebesar 0,772 µg/mL, meningkat menjadi 1,135 µg/mL pada kultur mutan dan 1,129 µg/mL pada kultur subkultur. Nilai RF pada kultur mutan dan subkultur masing-masing sebesar 1,4702 dan 1,4624, sedangkan nilai FSC sebesar 0,9947 menunjukkan bahwa perubahan sensitivitas terhadap karbendazim mendekati stabil setelah proses subkultur. Jamur mampu tumbuh pada suhu 18–30°C, tetapi tidak pada 37°C. Mutan juga tetap sangat sensitif terhadap prochloraz dan benomil. Hasil ini menunjukkan bahwa *Xylaria* sp. memiliki potensi resistensi yang rendah terhadap karbendazim.

Kata kunci: EC₅₀, fungisida, karbendazim, resistensi, tebu, *Xylaria* sp.

ABSTRACT

RESISTANCE POTENTIAL OF XYLARIA SP., THE CAUSAL AGENT OF SUGARCANE ROOT ROT AND BASAL STEM ROT DISEASE, TO CARBENDAZIM FUNGICIDE

By

ANITA MAHARANI

Root and basal stem rot disease of sugarcane caused by *Xylaria* sp. is one of the major constraints in sugarcane cultivation in Lampung. This disease has the potential to significantly reduce crop productivity and sugar yield. One of the control measures for sugarcane root and basal stem rot is the application of fungicides such as carbendazim. However, the long-term use of fungicides may trigger the emergence of resistant fungal populations. This study aimed to determine the resistance potential of *Xylaria* sp. to carbendazim. The research was conducted from September 2025 to February 2026 at the Plant Disease Laboratory, Faculty of Agriculture, Universitas Lampung. The study was initiated by fungal isolation, generation of resistant mutants, resistance stability testing, colony morphology observation at various temperatures, and cross-resistance testing against other fungicides. The results showed that mutant isolates of *Xylaria* sp. were still able to grow on media containing carbendazim up to a concentration of 4.0 µg/mL. The EC₅₀ value of the parental isolate was 0.772 µg/mL, which increased to 1.135 µg/mL in the mutant isolate and 1.129 µg/mL in the subcultured mutant. The resistance factor (RF) values of the mutant and subcultured isolates were 1.4702 and 1.4624, respectively, while the fungicide sensitivity change (FSC) value of 0.9947 indicated that the change in sensitivity to carbendazim was nearly stable after subculturing. The fungus was able to grow at temperatures ranging from 18°C to 30°C, but no growth was observed at 37°C. The mutants also remained highly sensitive to prochloraz and benomyl. These results indicate that *Xylaria* sp. has a low resistance potential to carbendazim.

Keywords: EC₅₀, fungicide, carbendazim, resistance, sugarcane, *Xylaria* sp.

**POTENSI RESISTENSI JAMUR *Xylaria* sp. PENYEBAB PENYAKIT
BUSUK AKAR DAN PANGKAL BATANG TEBU TERHADAP
FUNGISIDA KARBENDAZIM**

Oleh

ANITA MAHARANI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul Skripsi : POTENSI RESISTENSI JAMUR *Xylaria* sp.
PENYEBAB PENYAKIT BUSUK AKAR DAN
PANGKAL BATANG TEBU TERHADAP
FUNGISIDA KARBENDAZIM


Nama Mahasiswa : Anita Maharani

Nomor Pokok Mahasiswa : 2214191011

Jurusan : Proteksi Tanaman

Fakultas : Pertanian




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


Dr. Ir. Suskandini Ratih D., M.P.
NIP. 196105021987072001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman


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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : Dr. Ir. Suskandini Ratih D., M.P.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 25 Mei 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Potensi Resistensi Jamur *Xylaria* sp. Penyebab Penyakit Busuk Akar dan Pangkal Batang Tebu terhadap Fungisida Karbendazim”** 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, 17 Juni 2026



Anita Maharani
NPM. 2214191011

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Rejosari, Kecamatan Kotabumi, Kabupaten Lampung Utara pada tanggal 23 November 2004. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Agus Munandar dan Ibu Sukarni. Penulis telah menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK RA TUNAS HARAPAN pada tahun 2009-2010, pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 1 Rejosari pada tahun 2010-2016, SMPN 3 Kotabumi pada tahun 2016-2019, SMAN 4 Kotabumi pada tahun 2019-2022, dan pada tahun 2022 penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Pada tahun 2023, penulis melaksanakan kegiatan Praktik Pengenalan Pertanian (P3) di Kecamatan Candi Puro, Lampung Selatan. Pada tahun 2025 penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata di Desa Curup Guruh Kagungan, Kecamatan Kotabumi Selatan, Kabupaten Lampung Utara. Pada tahun yang sama penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Balai Karantina Hewan, Ikan, dan Tumbuhan Lampung (BKHIT Lampung). Selama menjalani perkuliahan penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Hama Nir Serangga, Ilmu Hama Tumbuhan, Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman, Teknik Pengendalian Hayati, Ekologi Pertanian, dan Karantina Tumbuhan. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi internal Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota bidang Seminar dan Diskusi pada periode 2023/2024. Penulis juga mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa Forum Studi Islam Mahasiswa Pertanian (FOSI FP) sebagai anggota Akademik dan Riset pada periode 2023/2024. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan Volunteer yang di adakan oleh Lampung Mengajar pada tahun 2025. Penulis beberapa kali mengikuti perlombaan Olimpiade Nasional di tingkat Nasional, salah satunya

berhasil mendapatkan juara dua pada kegiatan APAN (Ajang Prestasi Akademik Nasional) pada tahun 2024. Penulis juga pernah mengikuti MAWAPRES di tingkat Fakultas pada tahun 2025.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahrabbi'l'alamin, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini penulis persembahkan sebagai ungkapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Agus Munandar dan Ibu Sukarni, yang senantiasa mendoakan dan mengiringi setiap langkah penulis hingga saat ini, serta memberikan kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang tiada henti,
2. Kakak tercinta, Nur Aisyah Agustina, yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan kepada penulis,
3. Seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis,
4. Almamater tercinta, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, tempat penulis menimba ilmu dan pengalaman.

”ALLAH TIDAK MEMBEBANI SESEORANG MELAINKAN SESUAI
DENGAN KESANGGUPANNYA
DIA MENDAPAT (PAHALA) DARI (KEBAJIKAN) YANG
DIKERJAKANNYA DAN MENDAPAT (SIKSA)
DARI (KEJAHATAN) YANG DIPERBUATNYA "
(Q.S AI-BAQARAH: 286)”

"ALLAH MEMANG TIDAK MENJANJI HIDUPMU AKAN SELALU
MUDAH, TAPI DUA KALI ALLAH BERJANJI BAHWA: FA INNA MA'AL
USRI YUSRO INNAMA'AL USRI YUSRO"
(QS. AL-INSYIRAH: 5-6)

"JANGANLAH TAKUT JATUH, KARENA YANG TIDAK PERNAH
MEMANJATLAH YANG TIDAK PERNAH JATUH. DAN JANGAN TAKUT
GAGAL, KARENA YANG TIDAK PERNAH GAGAL HANYALAH ORANG-
ORANG YANG TIDAK PERNAH MELANGKAH. DAN JANGAN TAKUT
SALAH, KARENA DENGAN KESALAHAN YANG PERTAMA KITA
DAPAT MENAMBAH PENGETAHUAN UNTUK Mencari JALAN YANG
BENAR PADA LANGKAH YANG KEDUA."
(BUYA HAMKA)

"SETIAP LELAH ORANG TUAKU ADALAH BAYANGAN YANG
MENUNTUNKU, SETIAP DOA MEREKA ADALAH CAHAYA YANG
MENUNTUN LANGKAHKU"
(ANITA MAHARANI)

SANWACANA

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “ **Potensi Resistensi Jamur *Xylaria* sp. Penyebab Penyakit Busuk Akar dan Pangkal Batang Tebu terhadap Fungisida Karbendazim**”. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Besar Muhammad SAW yang syafaatnya dinantikan Yaumul Qiyamah kelak. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang telah memberikan fasilitas dan kesempatan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian,
2. Bapak Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, sekaligus Dosen Pembimbing Utama, yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, serta ilmu kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,
3. Ibu Dr. Ir. Suskandini Ratih D., M.P., selaku Dosen Pembimbing Kedua, yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, serta masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini,
4. Ibu Ni Kadek Emi Sintha Dewi, S.P., M.P., selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi kepada penulis selama menjalani masa perkuliahan,

5. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P., selaku dosen pembahas, yang telah memberikan saran, kritik, dan masukan yang membangun kepada penulis,
6. Keluarga tercinta, terutama kedua orang tua penulis, Bapak Agus Munandar dan Ibu Sukarni, serta kakak Nur Aisyah Agustina, yang senantiasa memberikan kasih sayang, dukungan moril maupun materil, doa, serta semangat kepada penulis,
7. Ibu Widyaningrum Alita Sari, S.P., selaku Pranata Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Gedung G, Jurusan Proteksi Tanaman, yang telah membantu penulis dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium,
8. Tim penelitian *Xylaria* sp., yaitu Arina Mawadah, Ni Made Ria Prateka, Richo Achmad Hidayat, dan Sifa Permatasari, terima kasih kerja sama, bantuan, dan semangatnya selama penelitian berlangsung,
9. Sahabat penulis sejak masa SMA, yaitu Nanda Iranti, Risda Anggi Saputri, dan Syifa Eka Ginasta, yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis,
10. Teman-teman, yaitu Firdinta Sailana Amalia, Zelyka Dien Mia Pranata, Siti Alma Yani, dan Dina Ramadhani, yang telah memberikan kebersamaan, dukungan, serta motivasi kepada penulis,
11. Anita Maharani, yang telah berjuang hingga titik ini. Terima kasih karena tidak menyerah dalam setiap proses yang dilalui. Perjalanan ini merupakan awal dari langkah panjang ke depan,
12. Keluarga besar Proteksi Tanaman angkatan 2022 yang telah kebersamai penulis selama masa perkuliahan, dan
13. Almamater tercinta, Universitas Lampung, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan dan memperoleh ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 18 Maret 2026

Anita Maharani

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tebu	5
2.2 Penyakit Busuk Akar dan Pangkal Batang Tebu (BAPB).....	7
2.3 Fungisida karbendazim	9
III. METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.2 Alat dan Bahan.....	11
3.3 Percobaan Penelitian	11
3.3.1 Pembuatan Media PSA.....	12
3.3.2 Isolasi Jamur <i>Xylaria</i> sp.	12
3.3.3 Uji Sensitivitas Jamur <i>Xylaria</i> sp.pada Karbendazim	12
3.3.4 Generasi Mutan Resisten Karbendazim	13
3.3.5 Karakterisasi Mutan Resisten Karbendazim	14
3.3.6 Analisis Data	15

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1 Hasil	16
4.1.1 Hasil isolasi jamur <i>Xylaria</i> sp.	16
4.1.2 Seleksi mutan jamur <i>Xylaria</i> sp. resisten karbendazim.....	17
4.2 Pembahasan.....	26
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	30
5.1 Simpulan.....	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN.....	35

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Pertumbuhan diameter koloni jamur <i>Xylaria</i> sp. pada media yang telah diberi fungisida karbendazim dengan konsentrasi yang berbeda	20
2. Persentase inhibisi pertumbuhan koloni jamur <i>Xylaria</i> sp. pada berbagai konsentrasi fungisida karbendazim pada kultur yang berbeda	20
3. Diameter koloni <i>Xylaria</i> sp. pada berbagai suhu (15 hsi).....	25
4. Tingkat resistensi koloni mutan jamur <i>Xylaria</i> sp. terhadap bahan aktif fungisida	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Gejala penyakit busuk akar pangkal batang (BAPB) pada tanaman tebu. (a) Daun menguning dan mengering dari ujung daun, (b) rumpun tanaman tebu mati, (c) akar tanaman sakit tampak menghitam, dan (d) penampang membujur pangkal batang tebu sakit dengan masa hifa <i>Xylaria</i> sp.....	8
2. Stroma <i>Xylaria</i> sp. pada tanaman tebu. (a) Stroma pada pangkal tanaman tebu sakit, (b) stroma keluar dari tanah di sekitar tanaman sakit, dan (c) stroma tumbuh dari sisa tanaman sakit.....	8
3. Struktur kimiawi karbendazim (Frac, 2024).....	9
4. Pengambilan sampel batang tebu sakit: (a) lokasi pengambilan sampel di Lampung Tengah, dan (b) tanda penyakit berupa stroma jamur <i>Xylaria</i> sp. pada akar batang tebu.....	16
5. Koloni jamur <i>Xylaria</i> sp. hasil isolasi 10 hsi.....	17
6. Koloni jamur <i>Xylaria</i> sp. 10 hsi pada media mengandung fungisida karbendazim dengan konsentrasi: (a) 1 µg/mL, (b) 2 µg/mL, (c) 4 µg/mL, dan (d) 8 µg/mL.....	18
7. Diameter jamur <i>Xylaria</i> sp 7 hsi pada setiap subkultur: (a) subkultur ke 1, (b) subkultur ke 2, (c) subkultur 3, (d) subkultur ke 4, dan (e) subkultur 5.....	18
8. Diameter koloni jamur <i>Xylaria</i> sp. parental (F1), mutan tahan fungisida karbendazim parental (F2), mutan <i>Xylaria</i> sp. tahan fungisida karbendazim subkultur 5 (F3) pada media PSA yang mengandung fungisida dengan berbagai konsentrasi karbendazim pada 20 hsi : (a) 0 kontrol, (b) 0,50, (c) 0,75, (d) 1,00, (e) 1,50, dan (f) 2,00 µg/mL.....	19
9. Kurva dosis-respons hubungan konsentrasi karbendazim dengan inhibisi pertumbuhan jamur <i>Xylaria</i> sp. kultur parental..	21

10. Kurva dosis-respons hubungan konsentrasi karbendazim dengan inhibisi pertumbuhan jamur <i>Xylaria</i> sp. kultur mutan ...	22
11. Kurva dosis-respons hubungan konsentrasi karbendazim dengan inhibisi pertumbuhan jamur <i>Xylaria</i> sp. kultur subkultur	23
12. Koloni jamur <i>Xylaria</i> sp. parental (F1) dan mutan tahan fungisida karbendazim (F2) pada berbagai suhu : (a) 18 °C, (b) 25 °C, (c) 30 °C, dan (d) 37 °C.	24
13. Diameter koloni jamur <i>Xylaria</i> sp.: a) mutan <i>Xylaria</i> tahan fungisida karbendazim subkultur 1 tanpa fungisida, b) mutan <i>Xylaria</i> tahan fungisida karbendazim subkultur 1 dengan fungisida prochloraz-Mn 2 g/L, dan c) mutan <i>Xylaria</i> tahan fungisida karbendazim subkultur 1 dengan fungisida benomyl 2,25 g/L.....	25

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) adalah tanaman dari famili Poaceae. Tebu merupakan salah satu komoditas perkebunan dengan nilai ekonomi yang tinggi. Tebu berkontribusi sekitar 65% terhadap total produksi gula dunia. Selain sebagai bahan utama dalam pembuatan gula, tebu juga dimanfaatkan dalam industri farmasi (biofuel), serta dalam produksi berbagai senyawa kimia seperti furfural, dekstran, selulosa, dan alkohol (Halimah, 2018).

Menurut Kementerian Pertanian (2024) pada tahun 2023 produksi gula nasional mencapai sekitar 2,27 juta ton dan diperkirakan meningkat menjadi sekitar 2,9 juta ton pada 2025. Provinsi Lampung menempati peringkat kedua sebagai penghasil gula terbesar setelah Jawa Timur. Jawa Timur berkontribusi sekitar 49,73 % dari total produksi gula nasional, sedangkan Lampung menyumbang sekitar 28,55 %. Di Lampung terdapat beberapa wilayah penghasil gula utama, seperti Way Kanan, Lampung Utara, Lampung Tengah, dan Tulang Bawang (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2024).

Salah satu kendala utama dalam budidaya tebu adalah gangguan penyakit tumbuhan. Salah satunya adalah penyakit busuk akar dan pangkal batang (BAPB) yang disebabkan oleh jamur *Xylaria* sp. Penyakit ini menjadi masalah utama di perkebunan tebu di Sumatera Selatan dan Lampung (Sitepu *et al.*, 2010; Maryono *et al.*, 2020). BAPB menyebabkan pembusukan pada akar dan pangkal batang. Akibatnya, tanaman layu, gagal tumbuh, dan mati (Widowati *et al.*, 2021).

Tingkat keparahan penyakit ini bisa mencapai 26%. Penurunan hasil panen bisa sampai 15% (Sitepu *et al.*, 2010). Kerugian lebih besar terjadi pada tanaman ratoon dibandingkan tanaman dari bibit. Jika serangan parah terjadi pada ratoon pertama, maka harus dilakukan penanaman ulang (*replanting*). Penanaman ulang akan menambah biaya produksi (Maryono *et al.*, 2017).

Sampai saat ini, belum terdapat metode pengendalian jamur *Xylaria* sp. yang benar-benar efektif. Salah satu strategi yang dapat diuji untuk mengendalikan *Xylaria* sp. adalah penggunaan fungisida. Karbendazim merupakan fungisida sistemik golongan methyl benzimidazole carbamate (MBC) yang bekerja dengan menghambat pembentukan mikrotubulus melalui pengikatan pada protein β -tubulin, sehingga mengganggu proses mitosis dan pertumbuhan sel jamur (Zhou *et al.*, 2016). Fungisida ini efektif mengendalikan berbagai jamur patogen seperti *Fusarium graminearum*, *Botrytis cinerea*, *Monilinia fructicola*, dan *Sclerotinia sclerotiorum* (Liu *et al.*, 2019; Yi *et al.*, 2023). Karbendazim bekerja dengan menghambat pembelahan sel jamur melalui gangguan pada pembentukan mikrotubulus dengan cara berikatan dengan protein β -tubulin sehingga pertumbuhan miselium terhambat (Xu *et al.*, 2019)

Hingga saat ini, karbendazim belum terdaftar resmi untuk pengendalian jamur *Xylaria* sp. penyebab penyakit busuk akar dan pangkal batang pada tanaman tebu. Sehingga, Potensi resistensi jamur ini terhadap karbendazim masih belum diketahui. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai potensi resistensi fungisida karbendazim pada jamur *Xylaria* sp.

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi resistensi *Xylaria* sp. terhadap fungisida karbendazim.

1.3 Kerangka Pemikiran

Pengendalian penyakit tanaman umumnya dilakukan dengan penggunaan fungisida. Penggunaan fungisida berperan penting dalam menekan pertumbuhan jamur patogen sehingga dapat mencegah penyebaran penyakit dan kerusakan tanaman secara signifikan. Penggunaan fungisida masih menjadi salah satu metode utama dalam pengendalian penyakit tanaman karena efektivitasnya dalam menekan perkembangan patogen (Amini *et al.*, 2023). Namun, penggunaan fungisida dapat memicu munculnya resistensi pada jamur target.

Karbendazim merupakan fungisida sistemik dari golongan methyl benzimidazole carbamate (MBC) yang banyak digunakan untuk mengendalikan berbagai jamur patogen tanaman (Xu *et al.*, 2019). Berbeda dengan fungisida kontak yang hanya bekerja pada permukaan tanaman, fungisida sistemik diserap oleh jaringan tanaman sehingga memberikan perlindungan yang lebih efektif terhadap patogen. Menurut *Fungicide Resistance Action Committee* (FRAC, 2024), karbendazim termasuk dalam FRAC Group 1 yang bekerja dengan menghambat pembelahan sel jamur melalui gangguan pada pembentukan mikrotubulus dengan cara berikatan dengan protein β -tubulin. Mekanisme kerja yang spesifik ini menyebabkan fungisida golongan MBC memiliki potensi tinggi untuk memicu resistensi apabila digunakan secara berulang (Brent & Hollomon, 2007).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan karbendazim dapat menyebabkan resistensi pada jamur patogen seperti *F. graminearum* dan *B. cinerea* (Liu *et al.*, 2019; Amini *et al.*, 2023). Liu *et al.* (2019) melaporkan bahwa sekitar 2,7% isolat *F. graminearum* telah menunjukkan resistensi terhadap karbendazim akibat mutasi pada gen β -tubulin. Sementara itu, resistensi *B. cinerea* terhadap fungisida benzimidazol juga telah banyak dilaporkan pada berbagai populasi patogen. Kondisi ini menyebabkan efektivitas pengendalian penyakit menurun dan berpotensi meningkatkan kerugian hasil tanaman.

Sampai saat ini, karbendazim belum terdaftar sebagai fungisida untuk mengendalikan *Xylaria* sp. pada tanaman tebu di Indonesia, sehingga potensi resistensinya belum diketahui. Pemahaman tentang potensi resistensi sangat

penting agar strategi pengendalian penyakit bisa disusun secara tepat dan berkelanjutan. Tanpa analisis potensi resistensi, penggunaan fungisida yang tidak terkontrol justru bisa mempercepat munculnya populasi jamur yang resisten, sehingga efektivitas pengendalian akan semakin menurun di masa depan. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis potensi resistensi guna merancang strategi pengendalian yang efektif dan berkelanjutan.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah fungisida karbendazim memiliki potensi yang tinggi untuk menyebabkan resistensi pada jamur *Xylaria* sp.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tebu

Tebu merupakan salah satu tanaman perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan digunakan sebagai bahan baku utama dalam industri gula (Syathori & Verona, 2020). Gula termasuk komoditas penting di Indonesia dengan konsumsi rumah tangga yang terus meningkat setiap tahun. Tingginya konsumsi ini menyebabkan permintaan gula nasional juga meningkat. Bahkan, gula telah diakui sebagai komoditas khusus oleh *World Trade Organization* (WTO) (Azmie *et al.*, 2019). Oleh karena itu, budidaya tebu memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan nasional serta program Swasembada Gula.

Dalam sistem klasifikasi tumbuhan, tanaman tebu termasuk dalam kelompok tanaman monokotil dan tergolong dalam famili Poaceae atau rumput-rumputan. Berdasarkan taksonomi menurut United States Department of Agriculture (USDA, 2018), klasifikasi sistematik tanaman tebu adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae (tumbuhan)
Subkingdom : Tracheobionta (tumbuhan berpembuluh)
Superdivisi : Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
Divisi : Magnoliophyta (tumbuhan berbunga)
Kelas : Liliopsida (monokotil)
Subkelas : Commelinidae
Ordo : Cyperales
Famili : Poaceae (rumput-rumputan)
Genus : *Saccharum*
Spesies : *Saccharum officinarum* L.

Secara morfologis, tanaman tebu memiliki akar berbentuk serabut yang tumbuh dari pangkal batang dan menyebar ke dalam tanah. Batang tebu tumbuh tegak dan terdiri atas ruas-ruas yang tampak jelas. Batang inilah yang menjadi tempat penyimpanan utama sukrosa, menjadikannya komponen penting dalam produktivitas tebu. Warna batang bervariasi tergantung varietasnya, mulai dari hijau muda, ungu kemerahan, hingga kekuningan (Khan *et al.*, 2022). Tanaman tebu juga menghasilkan bunga dalam bentuk malai majemuk yang muncul di bagian pucuk. Walaupun jumlah bunganya tidak banyak, keberadaannya sangat penting dalam proses pemuliaan dan persilangan varietas. Bunga tebu umumnya dimanfaatkan oleh pemulia tanaman untuk mengembangkan varietas unggul, terutama yang tahan penyakit dan menghasilkan rendemen tinggi (de Fátima Santos *et al.*, 2025).

Daun tebu merupakan daun lengkap yang terdiri atas pelepah dan helaian daun berbentuk pita memanjang dengan pertulangan sejajar. Daun ini memiliki tekstur agak kaku dengan permukaan yang halus dan tepi rata. Pelepah daun membungkus batang secara erat dan berfungsi melindungi mata tunas. Selain itu, tebu juga menghasilkan bunga majemuk yang tersusun dalam bentuk malai yang muncul pada bagian pucuk tanaman (Ardila *et al.*, 2022). Faktor-faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan ketersediaan air sangat berpengaruh terhadap pembentukan rendemen gula dalam batang tebu.

Pertumbuhan dan produktivitas tanaman tebu sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Tebu tumbuh optimal pada suhu antara 21–32°C dan memerlukan curah hujan sekitar 2.000 mm per tahun. Tanah yang ideal untuk budidaya tebu adalah tanah bertekstur sedang dengan pH 5,5–6,5 serta memiliki sistem drainase yang baik. Suhu, kelembapan, dan ketersediaan air sangat memengaruhi pembentukan dan akumulasi gula dalam batang, yang pada akhirnya menentukan kualitas hasil panen (de Fátima Santos *et al.*, 2025).

2.2 Penyakit Busuk Akar dan Pangkal Batang Tebu (BAPB)

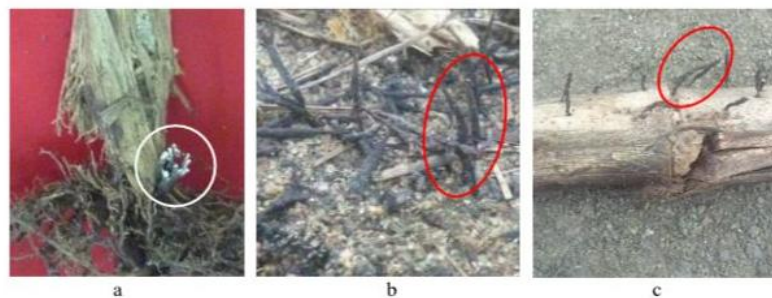
Penyakit busuk akar dan pangkal batang (BAPB) merupakan salah satu ancaman serius bagi tanaman tebu yang disebabkan oleh cendawan dari genus *Xylaria*. Jamur *Xylaria* spp. yang termasuk dalam famili Xylariaceae dan divisi Ascomycota merupakan penyebab utama penyakit busuk akar dan pangkal batang pada tanaman tebu. Kasus pertama penyakit ini tercatat pada tahun 1993, saat menyerang tanaman tebu di wilayah PT Gunung Madu Plantations (GMP), Lampung (Sitepu *et al.*, 2010). Serangan patogen ini menyebabkan kerusakan jaringan akar dan pangkal batang yang berdampak pada penurunan penyerapan air dan hara, serta terganggunya pertumbuhan tanaman. Akibat infeksi yang parah, tebu dapat mengalami layu, rebah, hingga mati sebelum masa panen.

Penyakit ini dapat menimbulkan kerugian besar karena mampu menurunkan berat batang, rendemen gula, dan jumlah batang yang dihasilkan. Dampak paling parah terjadi pada tanaman keprasan, di mana kematian tanaman induk menyebabkan kegagalan regenerasi. Kerugian akan terus meningkat apabila penyakit terus menyebar dan inokulum bertambah. Faktor lingkungan seperti kelembapan tanah, nutrisi, dan iklim berperan penting dalam perkembangan penyakit ini. Hingga saat ini, belum ditemukan metode pengendalian yang benar-benar efektif, sehingga strategi pengendalian berbasis pemahaman terhadap epidemiologi penyakit sangat diperlukan (Maryono *et al.*, 2020).

Gejala serangan jamur *Xylaria* sp. pada tanaman tebu ditandai oleh perubahan warna daun yang diikuti oleh gejala layu dan kering sebagai respons fisiologis terhadap infeksi. Akar yang terserang akan berubah warna menjadi hitam akibat terganggunya fungsi penyerapan udara dan nutrisi. Selain itu, bagian pangkal batang mengalami pembusukan kering. Jika batang dibelah, akan terlihat garis-garis kehitaman yang merupakan jaringan hifa jamur. Kondisi ini menyebabkan kerusakan pada jaringan pengangkut tanaman dan berpotensi menyebabkan kematian tanaman jika tidak segera dikendalikan (Widowati *et al.*, 2022).



Gambar 1. Gejala penyakit busuk akar pangkal batang (BAPB) pada tanaman tebu. (a) Daun menguning dan mengering dari ujung daun, (b) rumpun tanaman tebu mati, (c) akar tanaman sakit tampak menghitam, dan (d) penampang membujur pangkal batang tebu sakit dengan masa hifa *Xylaria* sp.



Gambar 2. Stroma *Xylaria* sp. pada tanaman tebu. (a) Stroma pada pangkal tanaman tebu sakit, (b) stroma keluar dari tanah di sekitar tanaman sakit, dan (c) stroma tumbuh dari sisa tanaman sakit (Maryono *et al.*, 2017).

Penyakit BAPB yang disebabkan oleh *Xylaria* sp. merupakan penyakit baru yang ditemukan pada tanaman tebu di Indonesia dan berpengaruh besar terhadap penurunan produksi. Salah satu ciri penyakit ini adalah adanya struktur stroma jamur pada batang dan tanah di sekitarnya. Penyebarannya bersifat agregatif, menunjukkan pola sebaran yang khas dan memerlukan perhatian khusus dalam manajemennya. Pemahaman tentang siklus hidup patogen dan interaksi dengan lingkungan sangat penting untuk menekan laju penyebaran serta mengurangi kerugian yang ditimbulkan (Maryono *et al.*, 2017).

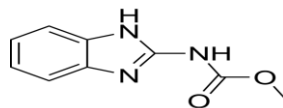
Perkembangan penyakit ini sangat dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Suhu lingkungan merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan jamur karena berkaitan dengan aktivitas fisiologis dan metabolisme sel. Penelitian menunjukkan bahwa *Xylaria* sp. mampu tumbuh pada kisaran suhu 20–30°C dengan pertumbuhan optimal pada suhu sekitar 30°C, sedangkan pada suhu yang lebih tinggi

pertumbuhan jamur akan terhambat. Hal ini menunjukkan bahwa suhu berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan *Xylaria* sp. (Endarwati *et al.*, 2024).

Penggunaan varietas tahan dan aplikasi fungisida merupakan salah satu langkah praktis dalam mengendalikan penyakit ini. Meskipun efektivitasnya masih diperdebatkan dan biayanya tinggi, pengujian tetap dilakukan. Beberapa bahan aktif fungisida seperti benomil, karbendazim, mankozeb, propinep, dan maneb telah diuji terhadap *X. cf. warburgii* secara *in vitro*. Hasilnya, hanya benomil dan karbendazim yang mampu menghambat pertumbuhan jamur di media PSA. Namun, pengujian lapangan menunjukkan bahwa kedua fungisida tersebut tidak efektif dalam mengendalikan jamur meskipun telah diaplikasikan pada bibit sebelum tanam maupun pada tanaman usia 3, 5, dan 7 bulan dengan dosis 2 g ba/L (Yulianti, 2017).

2.3 Fungisida karbendazim

Fungisida merupakan zat kimia yang digunakan untuk membunuh atau menghambat pertumbuhan jamur patogen tanaman. Peran fungisida sangat penting dalam budidaya pertanian karena membantu melindungi tanaman dari infeksi jamur yang bisa mengurangi hasil panen. Secara umum, fungisida bekerja dengan cara menghambat proses-proses biologis dalam sel jamur, seperti sintesis ergosterol pada membran sel serta proses respirasi. Penggunaan fungisida yang tepat sangat diperlukan untuk pengendalian penyakit yang efektif (Poole & Arnaudin, 2014).



Gambar 3. Struktur kimiawi karbendazim (Frac, 2024).

Karbendazim merupakan salah satu jenis fungisida sistemik dari golongan benzimidazol yang memiliki rumus kimia $C_9H_9N_3O_2$ dengan berat molekul 191,19. Senyawa ini bekerja dengan menghambat pembentukan mikrotubulus

pada sel jamur, sehingga mengganggu proses pembelahan sel dan menyebabkan kematian sel patogen. Karbendazim efektif dalam mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh jamur Ascomycetes dan Basidiomycetes, yang umum menyerang tanaman pangan, sayuran, hingga buah-buahan. Selain itu, karbendazim juga dapat terbentuk sebagai hasil degradasi dari fungisida lain seperti thiophanate-methyl dan benomyl, sehingga memperkaya kompleksitas residu di lingkungan (Singh *et al.*, 2016).

Fungisida dari kelompok benzimidazol, seperti karbendazim, merupakan bagian penting dalam sejarah pengendalian penyakit tanaman karena menjadi fungisida sistemik dengan target tunggal pertama yang digunakan secara luas. Di antara benzimidazol lainnya, karbendazim merupakan yang paling umum digunakan. Senyawa ini bekerja dengan berikatan pada β -*tubulin*, sehingga menghambat pembelahan inti sel jamur. Dengan mekanisme tersebut, karbendazim mampu menekan pertumbuhan berbagai patogen tanaman seperti *Botrytis cinerea*, *Gibberella zeae*, dan *Sclerotinia sclerotiorum*. Namun, penggunaan yang berlebihan dan berkelanjutan telah menyebabkan munculnya resistensi, yang ditandai dengan perubahan kodon pada posisi 6, 50, 167, 198, 200, dan 240 dalam gen β -*tubulin*, yang mengurangi efektivitas karbendazim terhadap beberapa jamur patogen (He *et al.*, 2020).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada September 2025 sampai Februari 2026 di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah autoklaf, *Laminar Air Flow* (LAF), timbangan, labu erlenmeyer, *showcase*, *microwave*, mikropipet, cawan petri, gelas beaker, bunsen, pinset, skalpel, kertas label, tisu, plastik wrap, plastik tahan panas, nampan, bor gabus, alat tulis dan kamera. Bahan yang digunakan pada penelitian adalah Isolat jamur *Xylaria* sp. Media *Potato Sucrose Agar* (PSA), spiritus, korek api, asam laktat ($C_3H_6O_3$), akuades, serta fungisida berbahan aktif karbendazim, benomyl, dan prochloraz mangan klorida.

3.3 Percobaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas enam taraf konsentrasi fungisida karbendazim, yaitu P0 (0 $\mu\text{g/mL}$), P1 (0,5 $\mu\text{g/mL}$), P2 (0,75 $\mu\text{g/mL}$), P3 (1 $\mu\text{g/mL}$), P4 (1,5 $\mu\text{g/mL}$), dan P5 (2 $\mu\text{g/mL}$), dengan empat ulangan pada setiap perlakuan. Satuan percobaan berupa isolat jamur *Xylaria* sp. yang ditumbuhkan pada media *Potato Sucrose Agar* (PSA) dalam cawan petri steril berdiameter 9 cm. Pengujian dilakukan terhadap tiga kelompok kultur jamur, yaitu kultur parental, kultur mutan, dan kultur subkultur.

3.3.1 Pembuatan Media PSA

Pembuatan media PSA dibuat dengan komposisi kentang 200 g, agar 20 g, sukrosa 20 g, dan aquades 1000 mL. Prosesnya dimulai dengan mengupas dan memotong kentang menjadi bentuk dadu, lalu ditimbang sebanyak 200 g. Kentang yang telah ditimbang dicuci hingga bersih, kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker berisi 1000 mL aquades. Kentang direbus sekitar 15 menit sampai mendidih. Setelah itu, ekstrak kentang yang dihasilkan dituangkan ke dalam labu Erlenmeyer yang telah berisi agar dan sukrosa masing-masing sebanyak 20 g. Labu tersebut ditutup menggunakan aluminium foil, lalu dimasukkan ke dalam plastik tahan panas dan disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C serta tekanan 1 atm selama 30 menit. Setelah proses sterilisasi selesai, media didinginkan, ditambahkan asam laktat, kemudian dihomogenkan. Langkah terakhir adalah menuangkan media ke dalam cawan petri dan menyimpannya hingga siap digunakan (Jamilatun, 2020).

3.3.2 Isolasi Jamur *Xylaria* sp.

Jamur *Xylaria* sp. diperoleh dari pangkal batang tanaman tebu yang menunjukkan gejala penyakit atau dari stroma, dengan rasio perbandingan 1:3 yaitu 1 bagian sakit dan 3 bagian sehat. Proses isolasi dilakukan dengan memotong jaringan atau stroma menjadi potongan kecil berukuran sekitar 0,2 cm. Potongan tersebut kemudian disterilkan dengan cara merendamnya dalam larutan klorox 0,5% selama 5 menit, lalu dibilas tiga kali menggunakan air steril. Setelah sterilisasi, potongan jaringan dikeringkan dengan tisu sebelum akhirnya ditanam secara terpisah dalam cawan berisi media PSA.

3.3.3 Uji Sensitivitas Jamur *Xylaria* sp. pada Karbendazim

Potongan jamur berdiameter 5 mm diambil dari tepi aktif koloni, kemudian ditempatkan di bagian tengah cawan petri yang berisi media PSA yang telah diberi tambahan karbendazim dengan konsentrasi 0, 0,50, 0,75, 1,00, 1,50, dan 2,00 µg/mL. Setiap konsentrasi diuji dengan 4 ulangan. Cawan kemudian diinkubasi pada suhu 25°C selama tujuh hari dalam kondisi gelap. Setelah

inkubasi, diameter koloni di setiap cawan diukur dua kali dengan posisi saling tegak lurus. Data diameter koloni selanjutnya ditransformasikan menjadi persentase inhibisi pertumbuhan koloni menggunakan rumus berikut (Zhang *et al.*, 2018):

$$\text{Inhibisi (\%)} = \frac{D_o - D_i}{D_o} \times 100\%$$

Keterangan:

D_o = diameter koloni pada kontrol ($\mu\text{g/mL}$)

D_i = diameter koloni pada perlakuan karbendazim ke- i

Nilai EC_{50} ditentukan melalui analisis probit berdasarkan hubungan antara konsentrasi fungisida karbendazim dan persentase inhibisi pertumbuhan koloni jamur menggunakan perangkat lunak R (Milutinović *et al.*, 2022).

3.3.4 Generasi Mutan Resisten Karbendazim

Mutan jamur yang resisten terhadap karbendazim dihasilkan melalui metode penjinakan fungisida. Potongan miselium jamur berukuran 5 mm diinokulasikan pada media PSA yang mengandung 1,0 $\mu\text{g/mL}$ karbendazim, dengan 3 ulangan lalu diinkubasi pada suhu 25 °C dalam kondisi gelap. Koloni yang mampu tumbuh dipindahkan ke media PSA dengan konsentrasi karbendazim yang meningkat dua kali lipat dari tahap sebelumnya (misalnya 2,0 $\mu\text{g/mL}$, 4,0 $\mu\text{g/mL}$, hingga maksimum 32,0 $\mu\text{g/mL}$). Proses seleksi dilakukan selama lima putaran berturut-turut. Jika tidak ada miselium yang tumbuh pada konsentrasi tertinggi, maka mutan yang bertahan pada konsentrasi sebelumnya dianggap sebagai mutan resisten. Mutan yang berhasil diperoleh kemudian dipindahkan ke media PSA tanpa karbendazim dan disimpan pada suhu -20 °C di atas kertas saring steril (Du *et al.*, 2021).

3.3.5 Karakterisasi Mutan Resisten Karbendazim

3.3.5.1 Tingkat Stabilitas Resistensi

Setiap isolat mutan diuji dalam 3 ulangan untuk mengevaluasi stabilitas resistensi mutan *Xylaria* sp. terhadap fungisida karbendazim, dilakukan lima kali subkultur berturut-turut pada media PSA tanpa penambahan fungisida. Inokulum berupa plug miselium diambil dari tepi koloni yang tumbuh aktif, kemudian dipindahkan secara aseptis ke media baru setiap siklus pemindahan. Nilai konsentrasi efektif 50% (EC_{50}) ditentukan untuk masing-masing mutan sebelum subkultur (T1), serta setelah pemindahan kelima (T5) menggunakan metode yang dijelaskan pada Subbab 3.3.3. Berdasarkan nilai EC_{50} tersebut, dihitung Faktor Resistensi (*Resistance Factor*) RF menggunakan rumus berikut: $RF = EC_{50} \text{ mutan resisten} / EC_{50} \text{ isolat tipe liar (parental)}$. Selanjutnya, faktor perubahan sensitivitas (*Factor of Sensitivity Change*) FSC di hitung menggunakan rumus ($FSC = RF \text{ T5} / RF \text{ T1}$). Setiap isolat mutan diuji dalam tiga ulangan dan seluruh percobaan diulang sebanyak dua kali (Du *et al.*, 2021). Menurut Lu *et al.* (2011), isolat dengan nilai $RF < 100$ dikategorikan memiliki tingkat resistensi sedang, sedangkan isolat dengan nilai $RF \geq 100$ dikategorikan memiliki tingkat resistensi sangat tinggi.

3.3.5.2 Morfologi Koloni dan Respon Pertumbuhan Miselium terhadap Suhu

Potongan kecil miselia jamur 5 mm diameter dari setiap mutan dan isolat induk diambil dari tepi koloni jamur yang tumbuh aktif. Potongan jamur tersebut dipindahkan ke media pertumbuhan (PSA) dan diinkubasi pada berbagai suhu, yaitu 18, 25, 30, dan 37 °C. Proses ini dilakukan dalam kondisi gelap dan setiap suhu diuji dengan tiga ulangan. Diameter koloni diukur dan morfologi koloni diamati setelah inkubasi selama 4 hari pada 25 °C. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali untuk memastikan konsistensi dan validitas hasil yang diperoleh (Du *et al.*, 2021).

3.3.5.3 Uji Resistensi Silang

Uji resistensi silang *Xylaria* sp., dilakukan dengan 3 ulangan menggunakan metode makanan beracun terhadap tiga jenis fungisida, yaitu karbendazim sebagai pembanding, benomil dari golongan benzimidazol, serta prochloraz mangan klorida dari golongan DMI. Isolat jamur *Xylaria* sp. ditumbuhkan pada media PSA yang telah diberi perlakuan fungisida sesuai konsentrasi anjuran. Biakan kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari (Du *et al.*, 2021). Tingkat sensitivitas jamur *Xylaria* sp. dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Joshi *et al.*, 2013):

$$\text{THR} = \frac{d_1 - d_2}{d_1} \times 100\%$$

Keterangan

THR : Tingkat Hambatan Relatif,
 d_1 : Diameter koloni kontrol, dan
 d_2 : Diameter koloni perlakuan.

Nilai THR dikategorikan menurut Kumar *et al.* (2007), yaitu: THR > 90% sangat sensitif (SS), 75% < THR ≤ 90% sensitif (S), 60% < THR ≤ 75% resistensi sedang (RS), 40% < THR ≤ 60% resisten (R), dan THR ≤ 40% sangat resisten (SR).

3.3.6 Analisis Data

Data diameter koloni jamur (cm) ditransformasikan menjadi persentase inhibisi pertumbuhan koloni. Nilai EC₅₀ ditentukan melalui analisis probit menggunakan perangkat lunak R. Selanjutnya, nilai RF dan FSC dihitung berdasarkan nilai EC₅₀ yang diperoleh.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan dari penelitian ini yaitu jamur *Xylaria* sp. penyebab penyakit busuk akar dan pangkal batang pada tanaman tebu memiliki potensi resistensi yang rendah terhadap fungisida karbendazim. Hal ini ditunjukkan oleh nilai *Resistance Factor* (RF) pada kultur mutan sebesar 1,4702 dan pada kultur subkultur sebesar 1,4624, yang mengindikasikan bahwa tingkat resistensi yang terbentuk masih tergolong rendah. Selain itu, nilai *Factor of Sensitivity Change* (FSC) sebesar 0,9947 menunjukkan bahwa perubahan sensitivitas jamur terhadap fungisida karbendazim mendekati stabil setelah proses subkultur.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk menganalisis perubahan genetik pada gen target β -tubulin atau profil molekuler jamur *Xylaria* sp. guna mengetahui mekanisme terjadinya resistensi terhadap fungisida karbendazim.

DAFTAR PUSTAKA

- Amini, M. M., Mirzaei, S., dan Heidari, A. 2023. A growing threat: Investigating the high incidence of benzimidazole fungicides resistance in *Botrytis cinerea* isolates. *PLOS ONE*. 18(11): e0294530.
- Ardila, L., Rosanti, D., dan Kartika, T. 2022. Karakteristik morfologi tanaman buah di Desa Suka Damai Kecamatan Tungkal Jaya Kabupaten Musi Banyuasin. *Indobiosains*. 4(2): 36-46.
- Azmie, U., Dewi, R. K., dan Sarjana, I.D.G.R. 2019. Pola kemitraan agribisnis tebu di Kecamatan Jetis Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian*. 3(2): 119-130.
- Brent, K. J., dan Hollomon, D. W. 2007. *Fungicide Resistance in Crop Protection: Risk and Management*. CABI.
- Dahlia, N. 2024. Potensi Perubahan Sensitivitas Jamur *Xylaria* sp. Penyebab Penyakit Lapuk Akar dan Pangkal Batang pada Tanaman Tebu terhadap Bahan Aktif Fungisida. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- de Fátima Santos, L., da Silva, F. B., Anjos, L. O. S., Raiol Júnior, L. L., dos Anjos, I. A., de Carvalho Fernandes, T., da Silva, M. F., Percin, D., de Goes, A., and Pinto, L. R. 2025. Screening of Sugarcane Genotypes for Smut (*Sporisorium scitamineum*) Resistance Under Greenhouse Conditions. *Agronomy*. 15(2): 448.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2024. Analisis Kinerja Perdagangan Gula Tahun 2023. Kementerian Pertanian. Jakarta.
https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/1E_Analisis_Kinerja_Perdagangan_Gula_2024_-_publish.pdf.
- Du, Y., Shi, N., Ruan, H., Miao, J., Yan, H., Shi, C., Chen, F., and Liu, X. 2021. Analysis of the prochloraz-Mn resistance risk and its molecular basis in *Mycogone rosea* from *Agaricus bisporus*. *Pest Management Science*. 77(12): 5431–5442.

- Endarwati, D., Maryono, T., Pramono, S., Akin, H. M., Pranata, H., dan Saefudin. 2024. Pengaruh faktor lingkungan terhadap pertumbuhan miselium *Xylaria sp.* penyebab penyakit busuk akar dan pangkal batang tebu. *Jurnal Agrotek Tropika*. 12(3): 571–577.
- Fan, F., Li, X. B., Yang, Y. Y., Zhang, J. Y., Zhu, Y. X., Yin, W. X., Li, G. Q., dan Luo, C. X. 2022. Benzimidazole-resistant isolates with E198A/V/K mutations in the β -tubulin gene possess different fitness and competitive ability in *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*. 112(11): 2321–2328.
- FRAC. 2024. FRAC Code List Fungicides Sorted by MoA. <http://www.frac.info/frac/indexhtm>. Diakses 16 Juni 2025
- FRAC. 2025. *FRAC Code List 2025*. Fungicide Resistance Action Committee. <https://www.frac.info/media/ljsi3qrv/frac-code-list-2025.pdf>. Diakses 16 Maret 2026
- 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.
- He, L., Cui, K., Li, T., Song, Y., Liu, N., Mu, W., and Liu, F. 2020. Evolution of the resistance of *Botrytis cinerea* to carbendazim and the current efficacy of carbendazim against gray mold after long-term discontinuation. *Plant Disease*. 104. 1647–1653.
- Jamilatun, M., Azzahra, N., dan Aminah, A. 2020. Perbandingan pertumbuhan *Aspergillus fumigatus* pada media instan modifikasi carrot sucrose agar dan potato dextrose agar. *Jurnal Mikologi Indonesia*. 4(1) : 168-174.
- Joshi, M. S., Sawant, D. M., dan Gaikwad, A. P. 2013. Variation in fungi toxicant sensitivity of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates infecting fruit crops. *Journal Food Agric Sci*. 3(1): 6-8.
- Khan, Q., Qin, Y., Guo, D.-J., Zeng, X.-P., Chen, J.-Y., Huang, Y.-Y., Ta, Q.-K., Yang, L.-T., Liang, Q., Song, X.-P., Xing, Y.-X., dan Li, Y.-R. 2022. Morphological, agronomical, physiological and molecular characterization of a high sugar mutant of sugarcane in comparison to mother variety. *PLOS ONE*. 17(3): e0264990.
- Kumar A. S, Eswara N. P. R., Hariprasad K. R., and Devi M. C. 2007. Evaluation of fungicidal resistance among *Colletotrichum gloeosporioides* isolates causing mangoanthracnose in agri export zone of Andhra Pradesh India. *Plant Pathol Bull*. 6(3): 157–160.

- Liu, S., Fu, L., Wang, S., Chen, J., Jiang, J., Che, Z., Tian, Y., dan Chen, G. 2019. Carbendazim resistance of *Fusarium graminearum* from Henan wheat. *Plant Disease*. 103(10): 2536–2540.
- Lu, X. H., Hausbeck, M. K., Liu, X. L., dan Hao, J. J. 2011. Wild type sensitivity and mutation analysis for resistance risk to fluopicolide in *Phytophthora capsici*. *Plant Disease*. 95(12): 1535–1541.
- Maryono, T., Widiastuti, A., dan Priyatmojo, A. 2017. Penyakit busuk akar dan pangkal batang tebu di Sumatera Selatan. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 13(2): 67–71.
- Maryono, T. Widiastuti, A. Murti, R. H., dan Priyatmojo, A. 2020. Komponen epidemi penyakit busuk akar dan pangkal batang tebu di Sumatera Selatan. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 16(2) : 49-60.
- Milutinović, N. G., Vojinović, U. D., Koprivica, S. Lj., Živanović, M. D., Vasić, T. P., dan Stević, M. Ž. 2022. In vitro sensitivity of *Colletotrichum acutatum* isolates from strawberry to tebuconazole, prochloraz, fludioxonil and thiophanate-methyl. *Journal of Agricultural Sciences*. 67(2): 191–201.
- Permatasari, N. 2024. Efektivitas Tricho-Kompos, Lempuyang, Karbendazim, dan Mankozeb untuk mengendalikan *Xylaria sp.* penyebab penyakit lapuk akar dan pangkal batang tebu. *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Purnama. 2006. *Budidaya Tanaman Tebu di Indonesia*. PT. Numedia Komunika. Jakarta
- Sitepu, R. Sunaryo., Widyatmoko, K., dan Purwoko, H. 2010. Root and basal stem rot disease of sugarcane in Lampung, Indonesia. *Di dalam prosiding kongress xxvii international society of sugar cane technologists*. 1-7 pp.
- Singh, S., Singh, N., Kumar, V., Datta, S., Wani, A. B., Singh, D., Singh, K., and Singh, J. 2016. Toxicity, monitoring and biodegradation of the fungicide carbendazim. *Environmental chemistry letters*. 14: 317-329.
- Syathori, A. D., dan Verona, L. 2020. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi usahatani tanaman tebu di Desa Majangtengah Kecamatan Dampit Kabupaten Malang. *Jurnal Agriekstensia*. 19(2): 95-103.
- United State Departement of Agriculture. 2018. USDA National Nutrient Database for Standart Reference. www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/. Diakses pada tanggal 11 juni 2025.

- Wendt, L., Sir, E. B., Kuhnert, E., Heitkämper, S., Lambert, C., Hladki, A. I., Romero, A. I., Luangsa-Ard, J. J., Srikitkulchai, P., Persöth, D., and Stadler, M. 2018. Resurrection and emendation of the Hypoxylaceae, recognised from a multigene phylogeny of the *Xylariales*. *Mycological Progress*. 17(1–2): 115-154.
- Widowati, R., Winarno., Candra, S., dan Nova, D. G. 2022. Sebaran serangan penyakit busuk akar dan pangkal batang di wilayah PG Cintamanis. *Journal Indonesian Sugar Research*. 2(1): 1-11.
- Xu, S., Wang, J., Wang, H., Bao, Y., Li, Y., Govindaraju, M., Yao, W., Chen, B., dan Zhang, M. 2019. Molecular characterization of carbendazim resistance of *Fusarium* species complex that causes sugarcane pokkah boeng disease. *BMC Genomics*. 20:115.
- Yulianti, T. 2017. Perkembangan penyakit lapuk akar dan pangkal batang tebu (*Xylaria warbugii*) di Sumatera dan strategi pengendaliannya. *Perspektif*. 16(2): 122-133.
- Zhang, R., Xu, Q., Zhang, Y., dan Zhu, F. 2018. Baseline sensitivity and toxic actions of *Sclerotinia sclerotiorum* to prochloraz. *Plant Disease*. 102(11): 2149-2157
- Zhou, Y., Xu, J., Zhu, Y., Duan, Y., and Zhou, M. 2016. Mechanism of action of the benzimidazole fungicide on *Fusarium graminearum*: Interfering with polymerization of monomeric tubulin but not polymerized microtubule. *Phytopathology*. 106(8): 807-813.