

Etiologi Penyakit Antraknosa pada Bawang Merah yang Disebabkan oleh *Colletotrichum gloeosporioides*

Etiology of Anthracnose Disease on Shallots Caused by *Colletotrichum gloeosporioides*

Rizki Abi Amrullah¹, Suryo Wiyono^{2*}, Awang Maharijaya¹, Agus Purwito¹

¹Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jalan Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

²Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

(diterima Agustus 2023, disetujui November 2023)

ABSTRAK

Penyakit antraknosa dapat terjadi pada seluruh fase pertumbuhan tanaman bawang merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*) dan belum diketahui proses perkembangannya serta karakteristik penyebabnya. Penelitian dilakukan untuk mempelajari etiologi penyakit antraknosa yang meliputi perkembangan gejala, periode inkubasi dan karakteristik patogen melalui pengujian secara *in vivo* dan *in planta*. Awal gejala ialah munculnya bercak putih yang kemudian membesar hingga menyebabkan jaringan mati. Gejala khas yang ditimbulkan ialah adanya pola konsentris berwarna jingga kecokelatan pada bercak dan memiliki periode inkubasi 2-4 hari. Karakteristik morfologi koloni patogen berwarna putih, konidium berbentuk silindris, hifa bersekat. Karakter lain ditandai dengan keberadaan aservulus dan setae. Patogen yang diidentifikasi secara molekuler menunjukkan 99.51% homologi dengan *Colletotrichum gloeosporioides* aksesori KT390192.1 dari China yang berasal dari tanaman tembakau.

Kata kunci: gejala, konidium, periode inkubasi, morfologi koloni

ABSTRACT

Anthracnose disease can occur in all growth phases of shallot plants (*Allium cepa* var. *aggregatum*); however, disease development and characteristics of the causal agent are not yet known. This research was conducted to study the etiology of anthracnose disease through *in vivo* and *in vitro* approach, which includes symptom development, incubation period, and pathogen characteristics. Early symptom of the disease is indicated by the appearance of white spots which then enlarge and finally caused the tissue dies. The typical symptom involves the presence of a concentric orange-brown pattern on the spots with incubation period of 2-4 days. The morphological characteristics of the pathogen colony are white, the conidium is cylindrical, the hyphae are septate. Other character includes the presence of acervulus and setae. Molecular identification of the pathogen showed 99.51% homology with *Colletotrichum gloeosporioides* accession KT390192.1 from China which originates from tobacco plants.

Keywords: identification, incubation, morphology, symptom

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga 16680.
Tel: 0251-8629362, Surel: suryowi@apps.ipb.ac.id.

PENDAHULUAN

Antraknosa merupakan salah satu penyakit penting pada beragam jenis tanaman pertanian. Penyakit ini dilaporkan menyerang beberapa tanaman seperti cabai, bawang merah, pisang, jeruk, dan juga stroberi (Djuhari *et al.* 2019; Hekmawati *et al.* 2018; Riera *et al.* 2019; Lima *et al.* 2011; Zhang *et al.* 2016). Antraknosa dikategorikan sebagai penyakit yang mampu menyerang pada seluruh bagian tanaman seperti daun dan buah hingga ranting tanaman. Penyebab penyakit antraknosa ialah *Colletotrichum* yang mampu menimbulkan bercak pada daun atau buah hingga menyebabkan kematian pada jaringan tanaman (De Silva *et al.* 2017). Deteksi dan pengendalian dari antraknosa sulit dilakukan karena daur hidup dapat berbeda pada spesies atau inangnya (O'Connell *et al.* 2012).

Bawang merah (*Allium cepa* var. *aggregatum*) merupakan salah satu inang penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *C. gloeosporioides*. Penyakit antraknosa pertama kali terdeteksi di Nigeria pada tahun 1969 dan dianggap sebagai penyakit yang tidak begitu penting, namun perlu dikhawatirkan karena mampu menurunkan produksi hingga 100% (Ebenebe 1980). Epidemi antraknosa oleh *C. gloeosporioides* pada bawang merah dilaporkan terjadi pada tahun 2000 hingga 2001 di Pulau Luzon, Filipina yang menurunkan produktivitas bawang merah hingga 100% (Alberto *et al.* 2001). Penyakit ini juga dilaporkan di wilayah sentra penanaman bawang merah, seperti Brebes-Jawa Tengah (Triwidodo dan Tanjung 2020), Kalimantan Selatan (Safitri *et al.* 2019), dan Aceh (Subandar 2022). Perkembangan penelitian penyakit antraknosa pada bawang merah satu dekade terakhir sebagian besar berupa eksplorasi genotipe tahan (Hidayat dan Sulastrini 2016; Hekmawati *et al.* 2018), identifikasi keparahan penyakit (Subandar 2022), dan upaya pengendalian (Diastari *et al.* 2021).

Etiologi penyakit antraknosa oleh *C. gloeosporioides* pada bawang merah penting untuk diketahui dalam rangka mendiagnosis

dengan tepat berdasarkan pada tipe gejala. Hingga saat ini etiologi penyakit antraknosa pada tanaman bawang merah yang disebabkan oleh *C. gloeosporioides* belum dideskripsikan. Oleh karena itu, pengenalan kemunculan serta gejala dan tanda pada kondisi lingkungan tertentu penting untuk diketahui. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan etiologi penyakit antraknosa pada bawang merah, seperti perkembangan gejala, periode inkubasi serta karakteristik *C. gloeosporioides*.

BAHAN DAN METODE

Isolasi Cendawan Penyebab Penyakit Antraknosa

Cendawan diisolasi dari tanaman bawang merah yang berada di Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Isolasi dilakukan pada bagian daun tanaman bawang merah yang sakit dengan teknik penanaman jaringan pada medium agar-agar dekstroza kentang (ADK). Inkubasi dilakukan dalam ruangan pada suhu 27–30 °C dan dibuat biakan murninya untuk diidentifikasi morfologinya.

Uji Patogenisitas

Patogenisitas cendawan dilakukan dengan inokulasi buatan pada bagian daun bawang merah sehat varietas Biru Lancor. Daun bawang merah yang sehat dipotong sepanjang 10 cm, sterilisasi potongan tersebut menggunakan larutan NaOCl 1%. Selanjutnya potongan daun dibilas air steril, dikeringkan, dan diletakkan pada kaca preparat di dalam cawan petri yang dialasi tisu lembap. Potongan biakan cendawan penyebab penyakit antraknosa, berumur 11 hari pada medium ADK, ditempelkan pada potongan daun yang telah dilukai. Peubah yang diamati ialah periode inkubasi dan patogenitas cendawan.

Karakteristik Gejala Antraknosa pada Bawang Merah

Gejala antraknosa diamati dengan inokulasi buatan mengikuti metode Hekmawati *et al.* (2018) yang dimodifikasi dengan melakukan inokulasi pada daun bawang merah yang berumur 30 hari setelah tanam (HST) di malam

hari. Biakan *C. gloeosporioides* berumur 11 hari yang telah menghasilkan massa konidium digunakan sebagai bahan inokulasi. Konsentrasi konidium yang digunakan ialah 10^6 sel mL^{-1} .

Bahan uji tanaman bawang merah ditanam dalam pot berisi campuran tanah : kompos steril (1:1). Biakan cendawan penyebab penyakit antraknosa dengan konsentrasi 10^6 konidium mL^{-1} diinokulasikan dengan cara semprot pada tanaman bawang merah berumur 3 minggu setelah tanam (MST). Tanaman yang telah diinokulasi disungkup dengan plastik bening selama 2 hari. Pengamatan dilakukan terhadap periode inkubasi, tipe gejala dan perkembangannya.

Identifikasi Cendawan Penyebab Penyakit Antraknosa

Morfologi. Identifikasi cendawan secara morfologi dilakukan secara makroskopis dengan mengamati bentuk dan warna koloni dan mikroskopis dengan mengamati ukuran konidium, bentuk hifa, keberadaan aservulus dan setae. Pengamatan mikroskopis dilakukan menggunakan mikroskop cahaya dan identifikasi cendawan menggunakan kunci identifikasi (Barnett dan Hunter 1988).

Molekuler. Identifikasi cendawan secara molekuler dilakukan dengan mengacu metode Kamle (2013) yang dimodifikasi. Amplifikasi DNA menggunakan primer universal, yaitu ITS1 dan ITS4 dengan target PCR sebesar 600 pb (pasang basa). Reaksi diawali denaturasi awal pada suhu $94\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 2 menit, denaturasi pada suhu $94\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 50 detik, penempelan primer pada suhu $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 1 menit, dan ekstensi pada suhu $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 1 menit. Proses PCR berlangsung sebanyak 35 siklus dan diakhiri dengan ekstensi akhir pada suhu $72\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 5 menit.

Analisis sikuen fragmen DNA dilakukan oleh 1st BASE Malaysia. Analisis sikuen basa nukleotida dilakukan dengan bantuan perangkat BioEdit versi 7.2.6. Analisis similaritas nukleotida dilakukan dengan membandingkannya dengan pangkalan data pada GenBank menggunakan program BLAST-N.

Hasil disajikan dalam diagram filogenetik menggunakan metode *N-Joining* 1000 *bootstrap* ulangan.

HASIL

Uji Patogenisitas

Insidensi penyakit pada potongan daun mencapai 100%. Rerata waktu periode inkubasi secara *in vivo* ialah 48 jam setelah inokulasi atau 2 hari setelah inokulasi, sedangkan rerata waktu yang dibutuhkan oleh patogen dalam merusak seluruh potongan daun ialah 118 jam setelah inokulasi. Gejala pada potongan daun ialah adanya perubahan warna dengan gejala terparah ialah daun diselimuti massa hifa berwarna putih. Uji ini menunjukkan bahwa *Colletotrichum* yang diisolasi dan diuji bersifat patogenik.

Karakteristik Gejala Antraknosa pada Bawang Merah

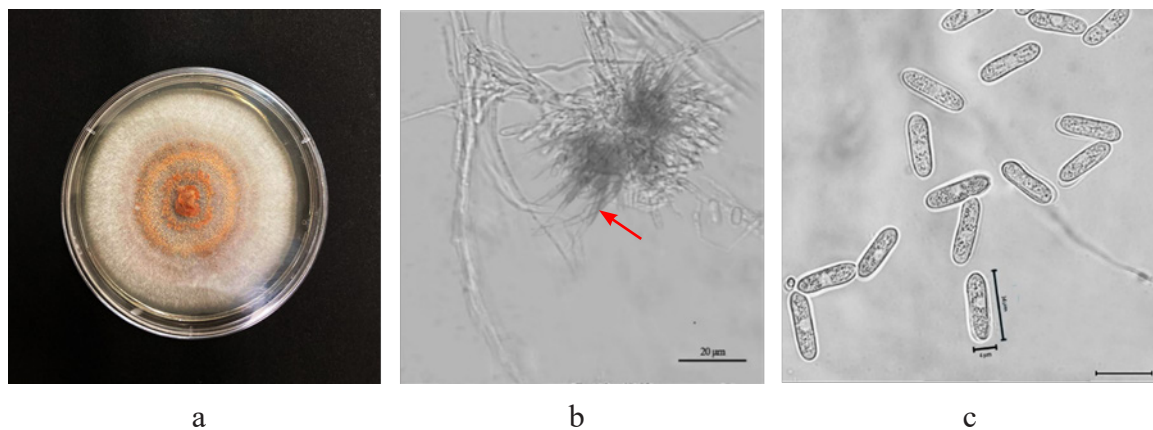
Antraknosa pada bawang merah memiliki gejala awal berupa bercak kecil cekung pada bagian daun. Gejala awal muncul setelah periode inkubasi pada rentang 2-4 hari setelah inokulasi dan perkembangannya yang ringan mulai bercak putih kecil pada daun bagian distal diamati perkembangannya sampai pada kematian jaringan daun. Gejala berkembang secara khas dan menjadi pembeda dengan penyakit lain ditandai dengan adanya masa konidia berupa bintik kecil kuning kecokelatan berpola silindris. (Gambar 1).

Identifikasi *Colletotrichum gloeosporioides*

Morfologi. Morfologi koloni cendawan tampak tumbuh konsentris dengan warna tampak atas putih krem pada umur 5 hari. Pada umur 11 hari koloni menghasilkan aservulus berwarna jingga yang di dalamnya terdapat sekumpulan massa konidium. Secara khas, koloni *C. gloeosporioides* membentuk pola konsentris pada medium ADK dan setae pada aservulus. Hifa cendawan bersekat. Konidiumnya berbentuk silindris dengan kedua ujung membulat (Gambar 2). Konidium berukuran dengan rerata $12\text{--}16 \times 4\text{--}6\text{ }\mu\text{m}$.



Gambar 1 Perkembangan gejala antraknosa pada bawang merah. a, bercak kecil berwarna putih; b, bercak putih membesar; c, bercak putih ditumbuhi massa aservulus dan konidium dengan tanda adanya bintik-bintik kuning kecokelatan membentuk pola silindris mengitari pada bercak putih; d, gejala bintik-bintik kuning kecokelatan lebih jelas pada bagian *proximal* daun; e, kerusakan lanjut tampak kumpulan aservulus pada daun.

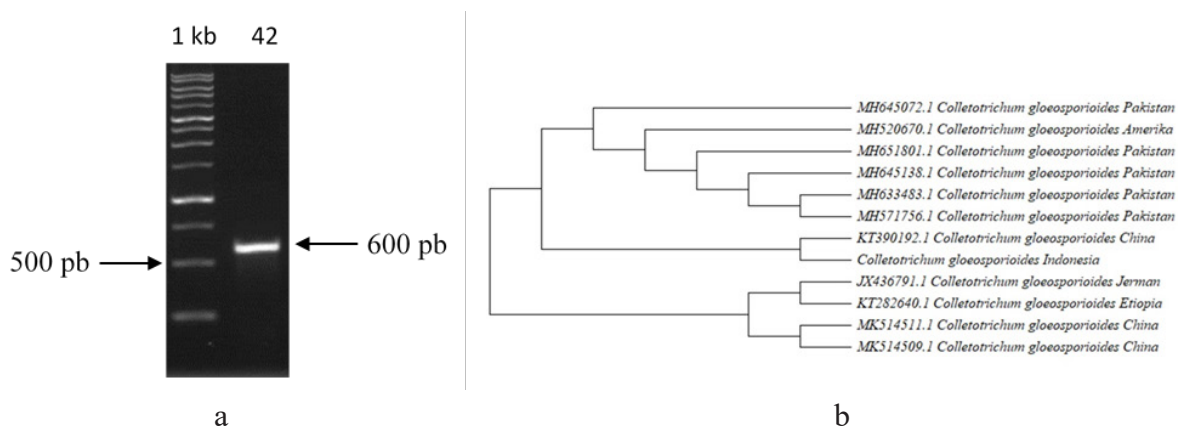


Gambar 2 *Colletotrichum gloeosporioides*. a, koloni berumur 11 hari pada medium agar-agar dekstrosa kentang; b, aservulus dan setae; c, konidium silindris dengan kedua ujung membulat.

Molekuler. Amplifikasi daerah ITS menggunakan primer ITS1 dan ITS4 diperoleh ukuran amplicon sebesar ± 600 pb pada gel agarosa (Gambar 3a). Sikuen fragmen DNA hasil amplifikasi memiliki kemiripan dengan sikuen cendawan *C. gloeosporioides* berdasarkan perbandingan dengan basis data NCBI. Selanjutnya analisis sikuen *C. gloeosporioides* berdasarkan pada pendekatan filogenetik menunjukkan kedekatan dengan aksesori KT390192.1 dari China asal tanaman tembakau (Gambar 3b). Tingkat kemiripan sikuen terbesar ialah 99.51% dengan aksesori dari China kemudian diikuti oleh MH645072.1 dari Pakistan serta JX436791.1 dari Jerman (Tabel 1).

PEMBAHASAN

Penyakit antraknosa atau dikenal dengan penyakit otomatis disebabkan oleh *C. gloeosporioides* banyak ditemui di berbagai negara di dunia termasuk di Indonesia. Penyakit antraknosa pada pertanaman bawang merah di Indonesia mudah ditemui di sentra bawang merah seperti Brebes dan Majalengka pada bulan basah dengan kondisi frekuensi hujan dan kelembapan tinggi (Basuki 2014; Triwidodo dan Tanjung 2020). Pemaparan mengenai etiologi penyakit antraknosa pada bawang merah yang disebabkan oleh *C. gloeosporioides* masih sangat terbatas mengingat gejala yang muncul memiliki



Gambar 3 Karakteristik *Colletotrichum gloeosporioides*. a, visulasiasi pita DNA 600 pb; b, pohon filogenetika dibandingkan dengan basis data di GenBank.

Tabel 1 Matriks identitas *Colletotrichum gloeosporioides* dari bawang merah terhadap spesies yang sama dari beberapa negara pada basis data di Genbank

| Kode <i>C. gloeosporioides</i> | Nomor aksesori | Asal isolat | Identitas (%) |
|--------------------------------|----------------|-------------|---------------|
| Isolat COL5 | MH645072.1 | Pakistan | 99.19 |
| <i>Ribosomal RNA gen</i> | MH520670.1 | Amerika | 99.03 |
| Isolat COL15 | MH651801.1 | Pakistan | 99.03 |
| Isolat COL9 | MH645138.1 | Pakistan | 99.03 |
| Isolat COL3 | MH633483.1 | Pakistan | 99.03 |
| Isolat COL6-1 | MH571756.1 | Pakistan | 99.03 |
| W-4 18S | KT390192.1 | Tiongkok | 99.51 |
| CK13b7 18S | JX436791.1 | Jerman | 99.19 |
| ETHCTR014 18S | KT282640.1 | Etiopia | 99.03 |
| <i>Voucher QX11</i> | MK514511.1 | China | 99.03 |
| <i>Voucher MP01</i> | MK514509.1 | China | 99.03 |

kesamaan dengan beberapa jenis penyakit lain. Gejala bercak putih yang muncul sebagai gejala awal kemunculan penyakit tidak dapat secara langsung menjadikan sebagai penciri antraknosa oleh *C. gloeosporioides*. Beberapa tanaman dilaporkan menjadi inang dari antraknosa oleh *C. gloeosporioides*, seperti bawang merah (Bajad *et al.* 2018), jeruk (Mahiout *et al.* 2018), stroberi (Zhang *et al.* 2020), dan pepaya (Silva-Jara *et al.* 2020).

Uji patogenisitas pada potongan daun menunjukkan bahwa patogen yang diuji merupakan patogen dengan periode inkubasi yang singkat. Sebelumnya telah banyak teridentifikasi penyebab antraknosa pada bawang merah, yaitu *Glomerella cingulata* (Suhardi 1993), *C. coccodes* (Rodriguez-Salamanca *et al.* 2012), *C. siamense* (Chowdappa *et al.* 2015),

dan *C. gloeosporioides* (Galvan *et al.* 2017). *Colletotrichum gloeosporioides* merupakan patogen yang paling utama dan berbahaya menyerang bagian daun bawang merah (Rodriguez-Salamanca *et al.* 2012; Herath *et al.* 2021). Periode inkubasi penyakit antraknosa pada bawang merah terjadi pada hari kedua setelah inokulasi (Alberto 2014), sedangkan Hekmawati *et al.* (2018) melaporkan pada hari ke-5 sampai ke-10 setelah inokulasi. Temuan *C. gloeosporioides* dalam penelitian ini memiliki periode inkubasi 2-4 hari.

Inokulasi secara buatan mengonfirmasi bahwa *C. gloeosporioides* menimbulkan gejala antraknosa dengan tipe gejala awal bercak putih kecil. Tipe gejala awal antraknosa pada daun bawang merah menurut Sikirou *et al.* (2011) ialah ditunjukkan dengan munculnya

bercak putih kecil. Pada penelitian ini gejala yang sama juga muncul berwarna putih kecil sebagai gejala awal. Hasil inokulasi menunjukkan perkembangan gejala dari bercak kecil berubah menjadi bercak klorotik, berlanjut menjadi bercak konsentris melingkar seperti cincin. Bercak konsentris cekung yang matang akan berisi massa konidium berwarna jingga kecokelatan. Temuan ini juga selaras dengan gejala yang ditemukan oleh Schwartz dan Mohan (2016), sebagai pembeda khas yang dimiliki oleh penyakit antraknosa dengan penyakit lainnya. Gejala bercak selanjutnya berubah menjadi kecokelatan dan mengindikasikan kematian jaringan daun. Tipe gejala pada hasil pengujian menunjukkan adanya pola khas antraknosa sebagaimana yang disampaikan pada penelitian Lopes *et al.* (2021), bahwa gejala antraknosa dapat sangat beragam dan sangat kompleks, bergantung pada kultivar bawang, tahap fenologi, dan organ tanaman yang terkena. Dalam beberapa kasus, terbentuk lesi yang jelas dan cekung pada daun dan selubung daun berwarna jingga kecokelatan. Hal ini yang menjadi pembeda antara penyakit antraknosa dengan penyakit bentuk spot seperti *Alternaria porri* dengan gejala khas berupa spot berwarna coklat keunguan hingga hitam tanpa disertai struktur konsentris melingkar (Dar *et al.* 2020). Tipe gejala kedua penyakit ini sulit dibedakan pada fase awal disebabkan memiliki kesamaan gejala bercak putih kecil, namun secara khas dapat dibedakan pada fase lanjut (Schwartz dan Mohan 2016; Manjunathagowda *et al.* 2022). Temuan pada penelitian ini menunjukkan bahwa penyakit antraknosa pada bawang merah memiliki periode inkubasi singkat dengan gejala awal bercak putih, berkembang menjadi cekung berisi konidium jingga kecokelatan. Aservulus konsentris jingga kecokelatan menjadi gejala yang membedakan antraknosa dengan penyakit lainnya. Secara morfologi, cendawan memiliki penciri khas berupa adanya aservulus dan setae dengan bentuk konidium silindris ujung membulat. Karakter cendawan yang diisolasi juga memiliki kemiripan dengan temuan hasil penelitian oleh Oo *et al.* (2018) menunjukkan

bahwa *C. gloeosporioides* yang dikulturkan pada medium ADK memiliki bentuk konidium yang sebagian besar berbentuk silindris dengan ujung yang membulat, ukuran konidia berkisar antara 10–15.5 μm \times 4–6.2 μm . Secara khas cendawan ini memiliki aservulus dan setae sebagai pembeda dengan spesies *Colletotrichum* lainnya yang menjadi penyebab gejala bercak pada daun tanaman (Gunawardhana *et al.* 2010). Karakteristik cendawan yang diisolasi pada penelitian ini serupa dengan temuan penelitian tersebut dimana kesamaan terdapat pada bentuk konidia, ukuran, serta keberadaan aservulus dan setae.

Analisis sikuens menggunakan NCBI BLAST, diperoleh hasil bahwa isolat cendawan menunjukkan kemiripan tertinggi dengan spesies *C. gloeosporioides* sebesar 99.03%–99.51%. Persentase kemiripan tersebut mengindikasikan bahwa *C. gloeosporioides* merupakan spesies yang sama atau sangat terkait dengan isolat cendawan yang diuji. Penggunaan primer telah banyak diteliti dalam penelitian sebelumnya untuk mengidentifikasi spesies *C. gloeosporioides* (Sawant *et al.* 2012; Vengadaramana dan Costa *et al.* 2014). Penelitian terbaru pada bawang merah yang menguji menggunakan primer spesifik CgInt dan ITS4 juga berhasil mengonfirmasi identifikasi molekuler *C. gloeosporioides* (Syafitri *et al.* 2023). Secara molekuler, temuan pada penelitian ini selaras dengan penelitian menggunakan primer spesifik dalam mengidentifikasi spesies cendawan. Sikuen disejajarkan dengan aksesori GenBank dan dikonfirmasi oleh analisis pohon filogenetik. Analisis ini digunakan untuk mengamati hubungan filogenetik yang umumnya digambarkan dalam garis percabangan menggunakan data molekuler (Patwardhan *et al.* 2014). Hasil konstruksi pohon filogenetik menunjukkan bahwa isolat cendawan yang diuji memiliki hubungan kekerabatan yang lebih dekat dengan aksesori asal China (KT390192.1).

Perkembangan gejala penyakit antraknosa bawang merah dapat dibedakan dengan penyakit lain ketika masuk tahap lanjut ditandai dengan khas aservulus berpola silindris.

Periode inkubasi yang cepat dengan rentang 2–4 hari perlu diperhatikan lebih lanjut. Isolat yang diamati dalam penelitian ini menunjukkan ciri-ciri yang mencakup warna putih krem. Selain itu, terlihat adanya aservulus, struktur berbentuk silindris, serta keberadaan setae pada isolat juga memberikan ciri tambahan yang penting untuk mengidentifikasi cendawan ini secara morfologis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Klinik Tanaman IPB University dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberto R, Nueva E, Duca MSV, Santiago SE, Miller SA, Black LL. 2001. First report of anthracnose of onion (*Allium cepa* L.) caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penzig) Penzig & Sacc., in the Philippine. *Journal of Tropical Plant Pathology*. 37(1):46–51.
- Alberto RT. 2014. Pathological response and biochemical changes in *Allium cepa* L. (bulb onions) infected with anthracnose-twister disease. *Plant Pathology and Quarantine*. 4(1):23–31. DOI: <https://doi.org/10.5943/ppq/4/1/4>.
- Bajad AR, Patil AC, Jadhav RR, Shendge VS. 2018. Bioefficacy of botanicals against *Colletotrichum gloeosporioides* of onion. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 7(5):1086–1088.
- Barnett HL, Hunter BB. 1988. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Minnesota (MN): APS Press.
- Basuki RS. 2014. Identifikasi permasalahan dan analisis usahatani bawang merah di dataran tinggi pada musim hujan di Kabupaten Majalengka. *Jurnal Hortikultura*. 24(3):266–275. DOI: <https://doi.org/10.21082/jhort.v24n3.2014.p266-275>.
- Chowdappa P, Chethana CS, Pavani KV. 2015. *Colletotrichum siamense* and *C. truncatum* are responsible for severe outbreaks of anthracnose on onion in southwest India. *Journal of Plant Pathology*. 97(1):77–86.
- Dar AA, Sharma S, Mahajan R, Mustaq M, Salathia A, Ahmad S, Sharma JP. 2020. Overview of purple blotch disease and understanding its management through chemical, biological and genetic approaches. *Journal of Integrative Agriculture*. 19(12):3013–3024. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63285-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63285-3).
- De Silva DD, Crous PW, Ades PK, Hyde KD, Taylor PWJ. 2017. Life styles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity. *Fungal Biology Reviews*. 31(3):155–168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2017.05.001>.
- Diastari S, Salamiah, Soedijo S. 2021. Pengujian dua belas jenis Trichoderma untuk mengendalikan penyakit antraknosa (*Colletotrichum gloeosporioides*) pada bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*. 4(1):248–251. DOI: <https://doi.org/10.20527/jppt.v4i1.664>.
- Djuhari D, Retnaningdyah C, Yanuawiadi B, Arisoelaningsih E. 2019. Structural model of anthracnose disease (*Colletotrichum gloeosporioides*) and red chili production in five production centers in East Java, Indonesia. *EurAsian Journal of BioSciences*. 13(2):1575–1582.
- Ebenebe AC. 1980. Onion twister disease caused by *Glomerella cingulata* in northern Nigeria. *Plant Disease*. 64(11):1030–1033. DOI: <https://doi.org/10.1094/PD-64-1030>.
- Galván GA, Wietsma WA, Putrasemedja S, Permadi AH, Kik C. 1997. Screening for resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) in *Allium cepa* and its wild relatives. *Euphytica*. 95:173–178. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1002914225154>.
- Gunawardhana P, Senevirathna A, Adikaram N, Yakandawala D. 2010. A phenetic

- analysis of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates from selected host plants. Ceylon Journal of Science (Biological Sciences). 38(2):57–62. DOI: <https://doi.org/10.4038/cjsbs.v38i2.1859>.
- Hekmawati H, Poromarto SH, Widodo S. 2018. Resistensi beberapa varietas bawang merah terhadap *Colletotrichum gloeosporioides*. Agrosains. 20(2):40–44. DOI: <https://doi.org/10.20961/agsjpa.v20i2.26342>.
- Herath IS, Udayanga D, Miriyagalla S, Castlebury LA, Manamgoda DS. 2021. *Colletotrichum siamense* causing anthracnose-twister disease of onion (*Allium cepa* L.) in Sri Lanka. Australasian Plant Disease Notes. 16:1–6. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13314-021-00444-w>.
- Hidayat IM, Sulastrini I. 2014. Screening for tolerance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) of shallot (*Allium ascalonicum*) genotypes. Di dalam: *Prosiding XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes di Australia*, 2014 Agu 17-22; Brisbane (AU): International Society for Horticultural Science. hlm 89–96.
- Kamle M. 2013. A species-specific PCR based assay for rapid detection of mango anthracnose pathogen *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. and Sacc. Journal of Plant Pathology and Microbiology. 4(6): 2–7. DOI: <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000184>.
- Lima WG, Spósito MB, Amorim L, Gonçalves FP, de Filho PAM. 2011. *Colletotrichum gloeosporioides*, a new causal agent of citrus post-bloom fruit drop. European Journal of Plant Pathology. 131:157–165. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9795-1>.
- Lopes LHR, Boiteux LS, Rossato M, Aguiar FM, Fonseca ME, Oliveira VR, Reis A. 2021. Diversity of *Colletotrichum* species causing onion anthracnose in Brazil. European Journal of Plant Pathology. 159(12):339–357. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02166-8>.
- Mahiout D, Bendahmane BS, Benkada MY, Mekouar H, Berrahal N, Rickauer M. 2018. First report of *Colletotrichum gloeosporioides* on citrus in Algeria. Phytopathologia Mediterranea. 57(2):355–359.
- Manjunathgowda DC, Selvakumar R, Shilpashree S, Anjanappa M, Dutta R, Sharath MN, Shalaka SR, Mahajan V. 2022. Purple blotch disease of onion (*Allium cepa* L.): perspective and prospects. International Journal of Agriculture and Biology. 27(6):393–398.
- O’Connell RJ, Thon MR, Hacquard S, Amyotte SG, Kleemann J, Torres MF, Damm U, Buiate EA, Epstein L, Alkan N. 2012. Lifestyle transitions in plant pathogenic *Colletotrichum* fungi deciphered by genome and transcriptome analyses. Nature Genetics. 44(9):1060–1065. DOI: <https://doi.org/10.1038/ng.2372>.
- Oo MM, Yoon HY, Jang HA, Oh SK. 2018. Identification and characterization of *Colletotrichum* species associated with bitter rot disease of apple in South Korea. The Plant Pathology Journal. 34(6):480–489. DOI: <https://10.5423/PPJ.FT.10.2018.0201>.
- Patwardhan A, Ray S, Roy A. 2014. Molecular markers in phylogenetic studies—a review. Journal of Phylogenetics and Evolutionary Biology. 2(2):1000131.
- Riera N, Ramirez-Villacis D, Barriga-Medina N, Alvarez-Santana J, Herrera K, Ruales C, Leon-Reyes A. 2019. First report of banana anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in Ecuador. Plant Disease. 103(4):763–763. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-18-0069-PDN>.
- Rodriguez-Salamanca LM, Enzenbacher TB, Derie ML, du Toit LJ, Feng C, Correll JC, Hausbeck MK. 2012. First report of *Colletotrichum coccodes* causing leaf and neck anthracnose on onions (*Allium cepa* L.) in Michigan and the United States. Plant Disease. 96(5):769–779. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-12-0022-PDN>.
- Safitri YA, Hasanah U, Salamiah, Samharianto S, Pramudi MI. 2019. Distribution

- of major diseases of shallot in South Kalimantan. Indonesia. *Asian Journal of Agriculture*. 3(02):33–40. DOI: <https://doi.org/10.13057/asianjagric/g030201>.
- Sawant IS, Narkar SP, Shetty DS, Upadhyay A, Sawant SD. 2012. Emergence of *Colletotrichum gloeosporioides* sensu lato as the dominant pathogen of anthracnose disease of grapes in India as evidenced by cultural, morphological and molecular data. *Australasian Plant Pathology*. 41: 493–504. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13313-012-0143-5>.
- Schwartz HF, Mohan SK. 2016. *Compendium of Onion and Garlic Diseases and Pests*. Minnesota (MN): APS Press.
- Sikirou R, Beed F, Hotègni J, Winter S, Assogba-Komlan F, Reeder R, Miller SA. 2011. First report of anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides* on onion (*Allium cepa* L) in Bénin. *New Disease Reports*. 23(1):1–7. DOI: <https://doi.org/10.5197/j.2044-0588.2011.023.007>.
- Silva-Jara JM, López-Cruz R, Ragazzo-Sánchez JA, Calderón-Santoyo M. 2020. Antagonistic microorganisms efficiency to suppress damage caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in papaya crop: perspectives and challenges. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 19(2):839–849. DOI: <https://doi.org/10.24275/rmiq/Bio788>.
- Steenjtes MBF, Tonn S, Coolman H, Langebeeke S, Scholten OE, van Kan JAL. 2021. Visualization of three sclerotiniaceae species pathogenic on onion reveals distinct biology and infection strategies. *International Journal of Molecular Sciences*. 22(4):1–13. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms22041865>.
- Subandar I. 2022. Meriah Kabupaten Aceh Singkil the incidence and severity of anthracnose disease in onion plant in Kampong Tanah Bara, Gunung Meriah District, Aceh Singkil Regency. *Jurnal Pertanian Agros*. 24(1):202–210.
- Suhardi HA. 1993. Anthracnose on shallot (*Allium cepa* group *aggregatum*) in Java. *Onion Newsletter for the Tropics*. (5):48–50.
- Syafitri LM, Wibowo A, Widiastuti A, Subandiyah S, Harper S. 2023. Molecular identification of *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose on shallot in Bantul, Yogyakarta, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 24(8):4530–4534. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240855>.
- Triwidodo H, Tanjung MH. 2020. Hama penyakit utama tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum*) dan tindakan pengendalian di Brebes, Jawa Tengah. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*. 13(2):149–154. DOI: <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v13i2.7131>.
- Vengadaramana A, Costa DMD. 2014. Molecular and pathogenic diversity of the causal agent of onion leaf twister disease in Batticaloa District of Sri Lanka. *Universal Journal of Plant Science*. 2(7):121–127. DOI: <https://doi.org/10.13189/ujps.2014.020702>.
- Wiyono S, Suryaningsih AS, Wafa A, Tondok ET, Istiaji B, Triwidodo H, Widodo W. 2019. Kanker batang: penyakit baru pada kopi di Lampung. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 15(1):9–15. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.15.1.9>.
- Zhang L, Song L, Xu X, Zou X, Duan K, Gao Q. 2020. Characterization and fungicide sensitivity of *Colletotrichum* species causing strawberry anthracnose in eastern China. *Plant Disease*. 104(7):1960–1968. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-19-2241-RE>.
- Zhang QY, Zhang LQ, Song LL, Duan K, Li N, Wang YX, Gao QH. 2016. The different interactions of *Colletotrichum gloeosporioides* with two strawberry varieties and the involvement of salicylic acid. *Horticulture Research*. 3(1):16007. DOI: <https://doi.org/10.1038/hortres.2016.7>.