

Keragaman Morfologi, Genetika, dan Patogenisitas *Colletotrichum acutatum* Penyebab Antraknosa Cabai di Jawa dan Sumatera

Morphology, Genetic, and Pathogenicity Variability of *Colletotrichum acutatum* The Causal Agent of Anthracnose on Chilli in Java and Sumatera

Roy Ibrahim, Sri Hendrastuti Hidayat, Widodo*
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRAK

Colletotrichum acutatum dikenal sebagai agens penyebab utama penyakit antraknosa cabai di Indonesia. Penelitian ini bertujuan menentukan variabilitas genetika *C. acutatum* di Jawa dan Sumatera berdasarkan karakter morfologi dan molekuler, serta untuk mengevaluasi patogenisitas beberapa isolat. Pengamatan karakter morfologi meliputi warna dan pertumbuhan setiap koloni, serta bentuk dan ukuran konidium. Identifikasi molekuler melalui amplifikasi DNA menggunakan primer spesifik untuk *C. acutatum*, yaitu CaInt2/ITS4 dan analisis sikuens. Uji patogenisitas di laboratorium untuk setiap isolat dilakukan terhadap *Capsicum annuum* dan *C. frutescens*. Keragaman morfologi diamati pada 40 isolat *C. acutatum*. Sebagian besar isolat memiliki koloni putih/krem, bentuk konidium fusiform dengan panjang rata-rata 6.11–9.73 μm dan lebar 2.24–2.73 μm . Uji patogenisitas 3 isolat *C. acutatum* menunjukkan variasi dari sedang sampai tinggi berdasarkan ukuran lesio pada cabai. Berdasarkan peruntutan DNA 8 isolat *C. acutatum* dari Jawa dan Sumatera memiliki homologi yang tinggi.

Kata kunci: amplifikasi DNA, analisis sikuens, konidium, warna koloni

ABSTRACT

Colletotrichum acutatum is known as the major causal agents of anthracnose disease of chilli pepper in Indonesia. This research was aimed to study genetic variability of *C. acutatum* in Java and Sumatera based on morphological and molecular characteristics and to evaluate pathogenicity of several isolates. Observation on morphological characteristics involved colour and growth of each colony as well as shape and size of conidia. Molecular identification was performed by DNA amplification using specific primer for *C. acutatum*, i.e. CaInt2/ITS4 followed by sequencing and nucleotide sequence analysis. Pathogenicity test for each isolate on *Capsicum annuum* and *C. frutescens* was conducted in the laboratory using detached chilli. Morphology variability was observed from 40 isolates of *C. acutatum*. Most of the isolates have white/beige colonies with fusiform conidia of 6.11–9.73 μm in length and 2.24–2.73 μm in width. Pathogenicity of 3 *C. acutatum* isolates varies from moderate to high based on lesions size on infected chilli. Sequence analysis of 8 *C. acutatum* isolates indicated high homology among isolates from Java and Sumatera.

Key words: colour of colony, conidium, DNA amplification, sequence analysis

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jalan Kamper Kampus IPB Darmaga Bogor 16680.
Telp: 0251-8629364, Faks: 0251-862362, surel: widodo@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Cabai merupakan salah satu komoditas sayuran yang bernilai ekonomi tinggi di Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik produktivitas cabai nasional Indonesia tahun 2015 ialah 8.65 ton ha⁻¹ (BPS 2015). Syukur *et al.* (2010) menyatakan bahwa produktivitas cabai mampu mencapai 13.11 ton ha⁻¹. Hal ini menandakan bahwa produktivitas cabai di Indonesia masih di bawah potensi yang seharusnya. Salah satu faktor pembatas keberhasilan budi daya cabai ialah adanya gangguan hama dan penyakit.

Antraknosa merupakan penyakit utama dan dapat menurunkan hasil antara 20% dan 90% (Balitbangtan 2016). Antraknosa pada cabai dapat disebabkan oleh beberapa spesies cendawan *Colletotrichum* antara lain *C. acutatum*, *C. capsici*, *C. coccodes*, *C. dematium*, dan *C. gloeosporioides* (Park *et al.* 1990; Johnston dan Jones 1997; Kim *et al.* 1999; Sharma *et al.* 2005; Kim *et al.* 2007). Spesies *C. acutatum* adalah jenis yang paling dominan di Asia (AVRDC 2009).

Identifikasi spesies *Colletotrichum* dapat dilakukan secara morfologi, yaitu berdasarkan warna koloni, diameter koloni, bentuk konidium, dan ukuran konidium (Smith dan Black 1990; Than *et al.* 2008). Metode *polymerase chain reaction* (PCR) dan analisis sikuen nukleotida semakin banyak digunakan dalam proses identifikasi cendawan. PCR-RAPD digunakan untuk membedakan *C. capsici* dan *C. gloeosporioides* penyebab antraknosa pada cabai di Thailand (Ratanacherdchai *et al.* 2007) dan penanda molekul 23032/1 serta 28487 untuk membedakan *C. acutatum* yang memiliki kesamaan warna koloni (Johnston dan Jones 1997).

Walaupun demikian, karakter morfologi masih tetap diperlukan untuk mempelajari keragaman suatu spesies cendawan. Penelitian ini bertujuan mendapatkan data informasi keragaman genetika *C. acutatum* berdasarkan karakter morfologi maupun molekuler dan mengetahui tingkat patogenisitas cendawan tersebut.

BAHAN DAN METODE

Sampel Buah Cabai

Sampel buah cabai yang terinfeksi antraknosa diambil dari pertanaman cabai di 12 kabupaten: Mandailing Natal (MN) (Sumatera Utara); Tanah Datar (TD), Payakumbuh (PYK), Agam (AGM) (Sumatera Barat); Kampar (KMP) (Riau); Bogor (BGR), Cianjur (CJR), Bandung Barat (BDG) (Jawa Barat); Brebes (BRB), Tegal (TGL) (Jawa Tengah); Blitar (BTR) (Jawa Timur); dan Bangli (BL) (Bali). Pengambilan sampel buah yang sakit dilakukan dengan metode *purposive sampling*. Sampel buah disimpan dalam kantong plastik secara terpisah dan dimasukkan ke dalam kotak penyimpanan sampel.

Isolasi *C. acutatum* dari Buah Cabai

Isolasi cendawan dari buah cabai terinfeksi dilakukan dengan mengambil biji dari masing-masing buah kemudian biji ditanam pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK) yang sudah diberi asam laktat 20%, selanjutnya diinkubasi pada suhu 25 °C. Pemurnian isolat cendawan dilakukan dengan metode spora tunggal (Choi *et al.* 1999). Sebanyak 7 biakan *C. acutatum* koleksi Klinik Tanaman dari beberapa kabupaten digunakan sebagai bahan pembandingan penelitian, yaitu isolat-isolat asal Tanggamus (TGM) (Lampung); Garut (HGP) (Jawa Barat); Semarang (SMG) (Jawa Tengah), dan Mojokerto (MJK), Kediri (KD) (Jawa Timur).

Identifikasi Morfologi *C. acutatum*

Identifikasi morfologi cendawan dilakukan pada 10 hari setelah isolasi (HSI). Pengamatan makroskopis dilakukan terhadap warna koloni tampak atas dan bawah, serta diameter koloni pada medium ADK. Pengamatan mikroskopis meliputi bentuk, panjang, dan lebar konidium yang dipilih secara acak sebanyak 20 konidium (Than *et al.* 2008) untuk masing-masing isolat. Data pengamatan mikroskopis diolah menggunakan metode statistika analisis tabulasi silang dan uji lanjut *chi-square* pada taraf 5% dengan software tpsDig2.

Identifikasi Molekuler *C. acutatum*

Biakan *C. acutatum* berumur 10 hari diambil sebanyak 3 potong koloni (diameter \pm 5 mm) menggunakan *cork borer*, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL berisi medium cair dekstrosa kentang dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang. Miselium cendawan diambil dengan filtrasi vakum dan dicuci dengan akuades steril, selanjutnya dikeringanginkan. Ekstraksi DNA total mengikuti prosedur Sambrook *et al.* (1989) yang telah dimodifikasi. Sebanyak 0.2 g miselium digerus dengan nitrogen cair dan ditambahkan 1 mL bufer ekstrak dan 10 μ L β -*mercapto-ethanol*. Suspensi dimasukkan ke dalam tabung mikro, lalu diinkubasi dengan cara diapungkan pada penangas pada suhu 65 °C selama 30 menit, selanjutnya ditambahkan 750 μ L kloroform:isoamilalkohol (C:I) (24:1). Campuran tersebut disentrifugasi selama 10 menit pada kecepatan 11 000 rpm. Supernatan yang diperoleh dipindahkan ke tabung mikro baru dan ditambahkan 1000 μ L isopropanol. Campuran tersebut diinkubasi selama 16 jam pada suhu 4 °C dan disentrifugasi pada kecepatan 12 000 rpm. Benang DNA yang diperoleh disentrifugasi selama 10 menit. Supernatan dibuang dan pelet dicuci dengan etanol 70%. Etanol dibuang dan pelet dikeringanginkan, selanjutnya diresuspensi dalam 100 μ L bufer TE dan disimpan pada suhu -20 °C.

Amplifikasi dilakukan menggunakan primer spesifik CaInt2 (5'-GGGG AAGCCTCTCGCGG-3') dan ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') dengan ukuran target \pm 490 pb. Reaksi amplifikasi DNA dilakukan dengan volume total 25 μ L terdiri atas 2 μ L DNA, 2.5 μ L bufer 10x dan Mg²⁺, 0.5 μ L dNTP 10 mM, 1 μ L masing-masing primer, 0.2 μ L Taq DNA (5 unit μ L⁻¹), dan 17.8 μ L H₂O. Amplifikasi didahului dengan denaturasi awal pada 94 °C selama 5 menit, diikuti 30 siklus dengan tahapan denaturasi pada 94 °C selama 1 menit, penempelan primer 45 °C selama 1 menit, sintesis DNA 72 °C selama 2 menit.

Hasil amplifikasi dianalisis dengan elektroforesis pada gel agarosa 1%. Gel di rendam dalam larutan etidium bromida selama

15 menit, dilanjutkan dengan pembilasan di dalam air selama 10 menit. Hasil elektroforesis divisualisasikan dengan *UV transiluminator* dan didokumentasikan.

Perunutan nukleotida dilakukan dengan mengirim produk amplifikasi ke PT Genetika Science Indonesia. Hasil perunutan nukleotida dibandingkan dengan data pada GenBank. Data yang berasal dari GenBank kemudian digunakan untuk analisis kesamaan menggunakan perangkat lunak BioEdit v.7.1.3. Hubungan kekerabatan antarisolat dikonstruksi menggunakan program MEGA v.6.06 berdasarkan algoritma Neighbor Joining dengan *bootstrap* 1000 kali.

Uji Patogenisitas *C. acutatum*

Uji patogenisitas menggunakan buah cabai *C. annuum* varietas Anies dan *C. frutescens* varietas Bonita yang sudah siap panen. Buah cabai disterilkan permukaannya dengan alkohol 70% selama 1 menit, kloroks 1% selama 1 menit, dan dibilas dengan akuades steril sebanyak 3 kali. Inokulasi cendawan pada permukaan buah dilakukan dengan meneteskan 5 μ L suspensi konidium *C. acutatum* dengan kerapatan 10⁵ konidium mL⁻¹ pada luka tusukan dengan menggunakan jarum steril. Perlakuan menggunakan 6 buah cabai.

Buah cabai yang telah diberi perlakuan kemudian diinkubasi dalam wadah tertutup pada kondisi lembap dan suhu 25 °C. Peubah yang diamati ialah rata-rata ukuran lesio dan virulensi yang diukur pada 10 HSI. Skor patogenisitas dari 0–3 seperti pada Tabel 1.

HASIL

Isolat *C. acutatum* dari Buah Cabai

Sebanyak 42 isolat cendawan berhasil diperoleh dari buah cabai yang bergejala

Tabel 1 Skor dan kriteria patogenisitas isolat *C. acutatum* pada buah cabai.

Skor	Ukuran lesio	Tingkat virulensi
0	Tidak ada	Tidak virulen
1	< 3 mm	Rendah
2	3–5 mm	Sedang
3	> 5 mm	Tinggi

antraknosa. Isolat tersebut dan 7 isolat *C. acutatum* koleksi Klinik Tanaman diidentifikasi secara molekuler dengan metode PCR.

Penggunaan primer spesifik *C. acutatum* CaInt2/ITS4 pada isolat yang diuji menunjukkan adanya amplifikasi DNA pada 40 isolat dengan ukuran pita \pm 490 pb, sedangkan pada 9 isolat lainnya tidak teramplifikasi (Gambar 1). Isolat koleksi Klinik Tanaman yang digunakan sebagai bahan pembandingan menghasilkan pita DNA yang sama dengan ukuran pita \pm 490 pb.

Identifikasi morfologi dilakukan terhadap 40 isolat *C. acutatum* yang telah diidentifikasi secara molekuler sebelumnya menunjukkan variasi warna yang cukup beragam. Tampak atas koloni berwarna putih dan abu-abu sedangkan tampak bawah berwarna krem, putih, *peach*, *olive* (Gambar 2). Sebanyak

52.5% koloni yang tumbuh berwarna putih/krem untuk tampak atas/bawah (Gambar 3).

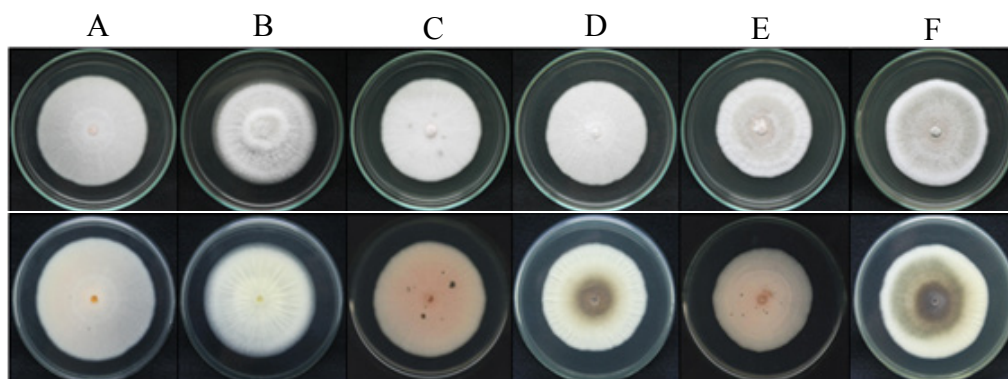
Analisis tabulasi silang menunjukkan diameter koloni berkaitan nyata dengan warna koloni *C. acutatum* (Tabel 2). Koloni yang berwarna putih/krem memiliki pertumbuhan lebih cepat dibandingkan dengan koloni lainnya. Konidium dari 40 isolat pada umumnya berbentuk *fusiform* dengan ukuran rata-rata $6.11\text{--}9.73\ \mu\text{m} \times 2.24\text{--}2.73\ \mu\text{m}$.

Filogenetika *C. acutatum*

Sebanyak 8 isolat, yaitu AGM 1535, BGR 1602, BRB 07, KMP 1531, MN 1582, SMG 136, TGM 1101, BL 1603 dipilih untuk analisis filogenetika berdasarkan pada asal isolat (provinsi), warna dan diameter koloni. Isolat dari berbagai daerah di Jawa dan Sumatera membentuk satu kelompok (Gambar 4).



Gambar 1 Visualisasi pita DNA isolat-isolat *Colletotrichum acutatum* asal cabai hasil amplifikasi menggunakan pasangan primer CaInt2/ITS4. M, penanda DNA 1 kb *ladder*; K-, kontrol negatif; 1, AGM 1533; 2, BDG 1524; 3, BDG 1525; 4, HGP CA; 5, KMP 1531; 6, SMG 136; 7, SMG 137; 8, TD 1532; 9, TD 1534 dan; 10, TGM 1101.

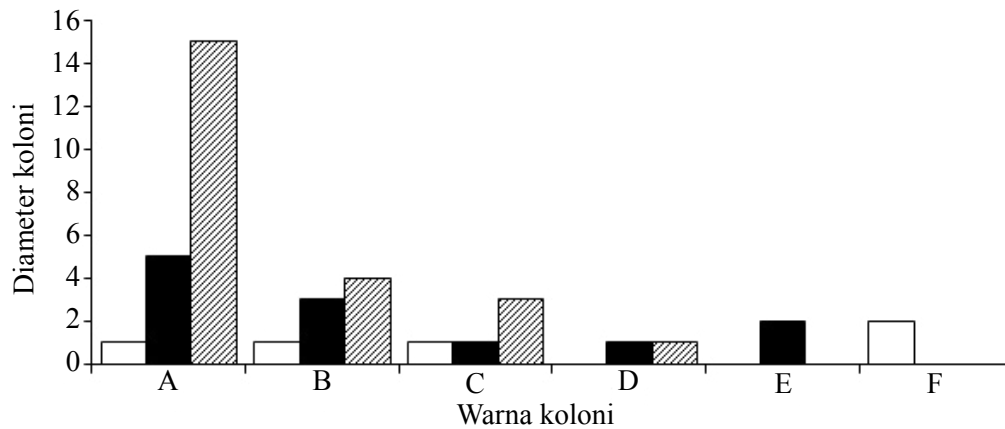


Gambar 2 Variasi warna koloni *Colletotrichum acutatum* penyebab antraknosa cabai tampak atas/bawah. A, putih/krem; B, putih/putih; C, putih/*peach*; D, putih/*olive*; E, abu-abu/*peach*; dan F, abu-abu/*olive*.

Patogenisitas *C. acutatum*

Isolat dari Kabupaten Kampar, Riau (KMP 1531), Kabupaten Tanggamus, Lampung (TGM 1101), dan Kabupaten Brebes, Jawa Tengah (BRB 07) dipilih untuk

uji patogenisitas. Pemilihan 3 isolat tersebut berdasarkan pada tempat asal isolat yang berbeda ketinggiannya. Inokulasi 3 isolat *C. acutatum* pada 2 spesies cabai menghasilkan ukuran lesio berkisar antara 3.66 mm dan



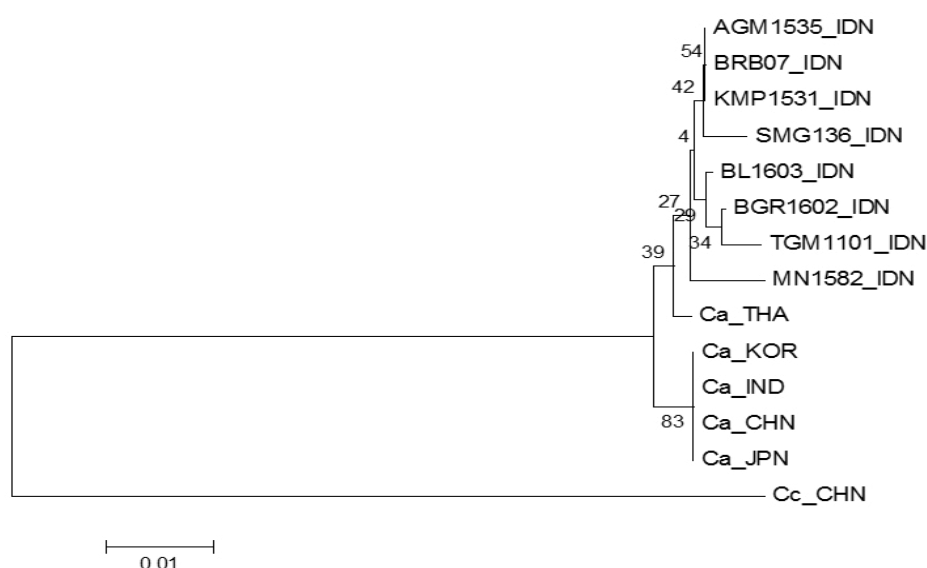
Gambar 3 Frekuensi jumlah koloni *Colletotrichum acutatum* berdasarkan ukuran diameter dan warna koloni. A, putih/ krem; B, putih/putih; C, putih/peach; D, putih/olive; E, abu-abu/peach; dan F, abu-abu/olive. □ < 49 mm; ■, 49–59 mm; ▨, > 59 mm.

Tabel 2 Analisis tabulasi silang antara diameter koloni dan warna koloni *Colletotrichum acutatum*

Diameter koloni (mm)	Warna koloni (atas/bawah) ^a						X ²	P ^b
	A	B	C	D	E	F		
<49	1	1	1	0	0	2	21.81	0.01
49–59	5	3	1	1	2	0		
>59	15	4	3	1	0	0		

^aA, putih/krem; B, putih/putih; C, putih/peach; D, putih/olive; E, abu-abu/peach; F, abu-abu/olive.

^bNilai P < 0.05 menunjukkan ada hubungan antara diameter koloni dan warna koloni.



Gambar 4 Pohon filogenetika *Colletotrichum acutatum* dari berbagai daerah di Jawa dan Sumatera, yaitu BRB 07, KMP 1531, AGM 1535, MN 1582, SMG 136, BGR 1602, BL 1603, TGM 1101, dan beberapa negara di Asia (Thailand, Korea, India, China, dan Jepang). *C. capsici* (Cc_CHN_EF683602) digunakan sebagai pembanding di luar grup.

19.08 mm dengan tingkat virulensi sedang dan tinggi (Tabel 3). Isolat asal Kabupaten Brebes (BRB 07) menghasilkan ukuran lesio terbesar pada kedua spesies cabai, diikuti oleh isolat asal Kabupaten Tanggamus (TGM 1101) dan isolat asal Kabupaten Kampar (KMP 1531).

PEMBAHASAN

Penyakit antraknosa pada cabai menjadi masalah utama sehingga menyebabkan rendahnya produksi cabai di Indonesia. Keragaman morfologi telah banyak dilaporkan di antaranya cendawan *C. acutatum* memiliki warna koloni putih, merah muda, oranye muda sampai abu-abu (Peres *et al.* 2005). Than *et al.* (2008) membandingkan tingkat pertumbuhan 3 spesies *Colletotrichum* yang menginfeksi cabai, pertumbuhan *C. gloeosporioides* ialah 11.2 mm per hari, *C. capsici* 7.1 mm per hari, dan *C. acutatum* 5.8 mm per hari. Analisis keragaman genetika cendawan penyebab penyakit antraknosa tidak cukup hanya didasarkan pada karakter morfologi. Karakter molekuler seperti sikuen DNA, merupakan indikator yang akurat. Penggunaan primer spesifik *C. acutatum* telah banyak digunakan untuk mengetahui keragaman secara genetika. Primer spesifik *C. acutatum* menggunakan *forward primer* CaInt2, CgInt dan *reverse primer* ITS4 dapat membedakan spesies *C. acutatum* dan *C. gloeosporioides* yang sukar dibedakan secara morfologi (Grahovac *et al.* 2012). Sepasang primer spesifik juga digunakan untuk mengamplifikasi DNA *C. acutatum* di Inggris dengan produk sebesar 490 pb (Sreenivasaprasad 1996).

Pertumbuhan koloni *C. acutatum* tergolong lambat, dengan penambahan diameter koloni berkisar 3.3–7.0 mm per hari. Martin dan Garcia-Figueres (1999) menyatakan bahwa tingkat pertumbuhan *C. acutatum* relatif lebih lambat (6.3 mm per hari) dibandingkan dengan *C. gloeosporioides* (13.7 mm per hari). Konidium *C. acutatum* berbentuk elips dan meruncing pada salah satu ujungnya (Peres *et al.* 2005) dan berukuran 8.5–16.5 $\mu\text{m} \times 2.5\text{--}4 \mu\text{m}$ (Sutton 1992).

Analisis filogenetika *C. acutatum* asal Indonesia memiliki kedekatan dengan isolat asal Thailand. Diduga cendawan ini tersebar ke Indonesia melalui aktivitas impor benih. Thailand merupakan negara eksportir cabai dan paprika terbesar di Asia Tenggara dengan kontribusi sebesar 56.94% pada tahun 2008–2012 (Pusdatin 2015).

Asal isolat sangat memengaruhi kemampuan dari setiap isolat untuk menginfeksi buah cabai. Liao *et al.* (2012) menyatakan bahwa 3 isolat *C. acutatum* menghasilkan ukuran lesio yang berbeda-beda pada 3 spesies cabai (*C. annuum*, *C. baccatum*, dan *C. chinense*). Menurut Oh *et al.* (1999) perbedaan timbulnya gejala dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, isolat patogen, genetika tanaman, cara inokulasi, dan karakteristik atau fisiologi tanaman.

Pengetahuan terkait keragaman genetika *C. acutatum* merupakan laporan pertama di Indonesia. Laporan ini sekaligus menambah informasi mengenai karakter morfologi, molekuler, dan patogenesis *C. acutatum*. Pengetahuan mengenai keragaman spesies cendawan dan respons varietas serta virulensi

Tabel 3 Ukuran lesio (mm) dan patogenisitas isolat *Colletotrichum acutatum* pada 2 spesies cabai

Isolat	Ukuran lesio	Tingkat virulensi
<i>Capsicum annuum</i>		
KMP 1531	4.91	Sedang
TGM 1101	3.66	Sedang
BRB 07	17.00	Tinggi
<i>Capsicum frutescens</i>		
KMP 1531	7.33	Tinggi
TGM 1101	11.91	Tinggi
BRB 07	19.08	Tinggi

suatu patogen juga merupakan faktor yang penting dalam pemuliaan tanaman karena akan menentukan perkembangan penyakit.

DAFTAR PUSTAKA

- [AVRDC] Asian Vegetable Research and Development Center. 2009. *Development of Locally Adapted, Multiple Disease Resistant and High Yielding Chilli (Capsicum annuum) Cultivars for China, India, Indonesia, and Thailand Phase II*. Taiwan (TW): AVRDC Publication.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2015. Produksi cabai besar, cabai rawit, dan bawang merah tahun 2014. <http://www.bps.go.id/brs/view/id/1168> [diakses 11 Okt 2016].
- [Balitbangtan] Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2016. Pengendalian antraknosa pada tanaman cabai. <http://www.litbang.pertanian.go.id/berita/one/2630/> [diakses 11 Okt 2016].
- Choi YW, Hyde KD, Ho WH. 1999. Single spore isolation of fungi. *Fungal Divers.* 3:29–38.
- Grahovac M, Indic D, Vukovic S, Hrustic J, Gvozdenac S, Mihajlovic M, Tanovic B. 2012. Morphological and ecological features as differentiation criteria for *Colletotrichum* species. *Zemdirbyste Agriculture.* 99(21):89–196.
- Johnston PR, Jones D. 1997. Relationships among *Colletotrichum* isolates from fruit-rots assessed using rDNA sequences. *Mycologia.* 89(3):420–430. DOI: <https://doi.org/10.2307/3761036>.
- Kim KD, Oh BJ, Yang J. 1999. Differential interaction of a *Colletotrichum gloeosporioides* isolate with green and red pepper fruits. *Pytoparasitica.* 27(2):97–106. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03015074>.
- Kim SH, Yoon JB, Do JW, Park HG. 2007. Resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* in chilli pepper (*Capsicum annuum* L.). *J Crop Sci Biotech.* 10(4):277–280.
- Liao CY, Chen MY, Chen YK, Wang TC, Sheu ZM, Kuo KC, Chang PFL, Chung KR, Lee MH. 2012. Characterization of three *Colletotrichum acutatum* isolates from *Capsicum* spp. *Eur J Plant Pathol.* 133(3):599–608. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9935-7>.
- Martin M, Garcia-Figueroles F. 1999. *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides* cause anthracnose on olives. *Eur J Plant Pathol.* 105(8):733–741. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008785703330>.
- Oh BJ, Kim KD, Kim YS. 1999. Effect of cuticular wax layers of green and red pepper fruits on infection by *Colletotrichum gloeosporioides*. *J Phytopathol.* 147(9):547–552. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.1999.00407.x>.
- Park H, Kim B, Lee W. 1990. Inheritance of resistance to anthracnose (*Colletotrichum* spp.) in pepper (*Capsicum annuum* L.). II. Genetic analysis of resistance to *Colletotrichum dematium* [abstrak]. *J Kor Soc Hort Sci.* 31(3):207–212.
- Peres NA, Timmer LW, Adaskaveg JE, Correll JC. 2005. Lifestyles of *Colletotrichum acutatum*. *J Plant Dis.* 89(8):784–796. DOI: <https://doi.org/10.1094/pd-89-0784>.
- [Pusdatin] Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2015. Outlook komoditas pertanian subsektor hortikultura cabai. <http://epublikasi.setjen.pertanian.go.id/epublikasi/outlook/2015/Hortikultura/Outlook%20Cabai%202015/files/assets/common/downloads/Outlook%20Cabai%202015.pdf> [diakses 09 Sep 2016].
- Ratanacherdchai K, Wang HK, Lin FC, Soyong K. 2007. RAPD analysis of *Colletotrichum* species causing chilli anthracnose disease in Thailand. *J Agric Technol.* 3:211–219.
- Sambrook J, Fritsch EF, Maniatis T. 1989. *Molecular Cloning: a Laboratory Manual*. Ed ke-3. New York (US): Cold Spring.
- Sharma P, Kaur M, Sharma O, Sharma P, Pathania A. 2005. Morphological, pathological and molecular variability in *Colletotrichum capsici*, the cause of fruit rot of chillies in the subtropical region of North-Western India. *J Phytopathol.* 153(4):232–237. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2005.00959.x>.

- Smith BJ, Black LL. 1990. Morphological, cultural and pathogenic variation among *Colletotrichum* species isolated from strawberry. *Plant Dis.* 74(1):69–76. DOI:<https://doi.org/10.1094/PD-74-0069>.
- Sreenivasaprasad S, Sharada K, Brown A, Mills P. 1996. PCR based detection of *Colletotrichum acutatum* on strawberry. *Plant Pathol.* 45(4):650–655. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1996.d01-3.x>.
- Sutton BC. 1992. The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. Di dalam: Bailey JA, Jeger MJ, editor. *Colletotrichum. Biology, Pathology and Control*. London (UK):CAB International. Hlm 1–24.
- Syukur M, Sujiprihati S, Yuniarti R, Kusumah DA. 2010. Evaluasi daya hasil cabai hibrida dan daya adaptasinya di empat lokasi dalam dua tahun. *J Agr Indones.* (38)1:43–51.
- Than PP, Jeewon R, Hyde KD, Pongsupasamit S, Mongkolporn O, Taylor PWJ. 2008. Characterization and pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with anthracnose on chilli (*Capsicum* spp.) in Thailand. *Plant Pathol.* 57(3):562–572. DOI:<https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01782.x>.