

**EKSPLORASI BAKTERI KULIT KATAK *Rhacophorus catamitus* SEBAGAI BIOKONTROL *Colletotrichum* sp. PENYEBAB ANTRAKNOSA PADA CABAI**

**SKRIPSI**

untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S-1 pada  
Program Studi Biologi



Disusun oleh:

Triana Novitasari

21106040051

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UIN SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA**

**2026**

## HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1352/Un.02/DST/PP.00.9/06/2026

Tugas Akhir dengan judul : Eksplorasi Bakteri Kulit Katak (*Rhacophorus cotamitus*) sebagai Biokontrol  
*Colletotrichum* sp. Penyebab Antraknosa pada Cabai

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : TRIANA NOVITASARI  
Nomor Induk Mahasiswa : 21106040051  
Telah diujikan pada : Jumat, 05 Juni 2026  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Lela Susilawati, S.Pd., M.Si., PhD.  
SIGNED

Valid ID: 6a38e80170258



Penguji I

Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 6a38997720f02



Penguji II

Agessty Ika Nurlita, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 6a387caa7908a



Yogyakarta, 05 Juni 2026

UIN Sunan Kalijaga  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
SIGNED

Valid ID: 6a39eaa50d8e3

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Triana Novitasari  
NIM : 21106040051  
Program Studi : Biologi  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul: EKSPLORASI BAKTERI KULIT KATAK (*Rhacophorus cotamitus*) SEBAGAI BIOKONTROL *Colletotrichum* sp. PENYEBAB ANTRAKNOSA PADA CABAI adalah hasil karya pribadi dan sepanjang pengetahuan penyusun tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penyusun ambil sebagai acuan.

Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, maka sepenuhnya menjadi tanggungjawab penyusun.

Yogyakarta, 23 Mei 2026

Yang menyatakan,



Triana Novitasari

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS DAKWAH DAN KOMUNIKASI  
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 515856 Yogyakarta 55281

### SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI

Kepada:  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamualaikum wr.wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka saya selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Triana Novitasari  
NIM : 21106040051  
Judul Skripsi : EKSPLORASI BAKTERI KULIT KATAK (*Rhacophorus cotamitus*)  
SEBAGAI BIOKONTROL *Colletotrichum* sp. PENYEBAB ANTRAKNOSA  
PADA CABAI

Sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi Jurusan/Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang sosial.

Dengan ini saya berharap agar skripsi tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya saya ucapkan terimakasih.

Yogyakarta, 23 Mei 2026

Pembimbing,

Mengetahui:  
Ketua Prodi,

Lela Susilawati, S.Pd., M.Si., PhD.  
NIP 19790127 200901 2 004

Ika Nugraheni Ari Martiwi, S.Si., M.Si.  
NIP 19800207 200912 2 002

## MOTTO

*I'll fight some more. Because we both know that something good wouldn't come easily.*

**(Fight Some More - Pamungkas)**

*Side note; in the time cruelty. Weak isn't something you're gonna remember about me*

**(Purple Sigh - Pamungkas)**

*Swallow all the pain, I'm fine again. Not dead, I'm Stronger now.*

**(Flying Solo - Pamungkas)**

**Di setiap ketidakpastian perjalanan, pasti ada hikmah yang melambai.**

**(Antasari)**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*Dengan segala kerendahan hati saya, Hasil karya sederhana ini*

*Saya persembahkan untuk:*

*Orang Tua tersayang*

*Progam Sudi Biologi*

*Fakultas Sains dan Teknologi*

*UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta*



## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil 'ālamīn, segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam, yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Eksplorasi Bakteri Kulit Katak *Rhacophorus catamitus* terhadap *Colletotrichum* sp. Penyebab Antraknosa pada Cabai**” dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan para pengikutnya hingga akhir zaman. Semoga kita semua termasuk golongan umat yang memperoleh syafaat beliau di hari akhir kelak.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, serta arahan dari berbagai pihak, baik berupa pemikiran, motivasi, maupun doa. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D., selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
3. Ibu Dr. Ika Nugrahaeni Ari Martiwi, S.Si., M.Si, selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
4. Ibu Lela Susilawati, Ph.D., selaku dosen pembimbing skripsi dan telah memberikan izin penggunaan data Lela's Project untuk skripsi ini, serta meluangkan waktu untuk memberikan koreksi, masukan, arahan, dan bimbingan dari tahap awal proposal hingga penyelesaian naskah skripsi yang akan disidangkan.
5. Seluruh jajaran dosen dan tenaga pendidik Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

6. PLP Laboratorium UIN Sunan Kalijaga yang telah membantu penulis selama penelitian di Laboratorium.
7. Kedua orang tua tercinta, Bapak Jumadi dan Ibu Warsiyem yang senantiasa memberikan doa, dukungan, kasih sayang, serta motivasi yang tiada henti. Dukungan moral dan spiritual yang diberikan menjadi kekuatan bagi penulis dalam menghadapi setiap proses dan tantangan selama penyusunan skripsi ini.
8. Kakak-kakak tercinta, Wahyu Setyorini dan Epa Wiradarmawan, yang telah memberikan dukungan, perhatian, serta bantuan finansial kepada penulis selama masa perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi ini.
9. Teman - teman KKN Kelompok 312 "*Unlimited Solidarity*", yang senantiasa selalu memotivasi penulis untuk menyelesaikan naskah skripsi ini.
10. Teman-teman Grup "Inpa Inpo" yaitu Ocik, Nisa, dan Ais yang senantiasa selalu menemani penulis dalam menulis naskah.
11. Teman - teman penulis, Rizqi, Dhiea, Jenny, Elisa, Intan dan lainnya yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.
12. Seseorang yang selalu kebersamai penulis yaitu Triana Novitasari yang telah berjuang sejauh ini. Meskipun sempat merasa lelah, ragu, dan hampir menyerah, namun tetap berusaha untuk bertahan dan menyelesaikan apa yang telah dimulai hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
13. Semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam

bidang biologi, terutama terkait pemanfaatan mikroorganisme sebagai agen biokontrol penyakit tanaman.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 26 April 2026

Penulis



**EKSPLORASI BAKTERI KULIT KATAK *Rhacophorus catamitus*  
SEBAGAI BIOKONTROL *Colletotrichum* sp. PENYEBAB ANTRAKNOSA  
PADA CABAI**

Triana Novitasari

21106040051

**ABSTRAK**

Penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum* spp. merupakan kendala utama dalam produksi cabai. Penggunaan fungisida sintetis yang berlebihan mendorong pencarian alternatif pengendalian yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi bakteri dari kulit katak sebagai agen biokontrol terhadap *Colletotrichum*. Empat isolat bakteri (RcV2, RcV3, RcV4, dan RcV5) diuji melalui metode *in vitro* dan *in vivo*. Hasil *screening* dengan metode *dual culture* menunjukkan isolat RcV2 dan RcV4 mempunyai persentase penghambatan tertinggi yaitu 41,92% dan 42,02%. Uji konfirmasi melalui pengujian hambat miselium, uji germinasi konidia, dan *slide technique culture* menunjukkan isolat RcV4 pada konsentrasi  $1 \times 10^8$  CFU/mL dapat menghambat pertumbuhan miselium fungi dengan radian 23,20 mm serta mampu menekan perkecambahan konidia hingga 27,27% dan menunjukkan abnormalitas seperti *dwarf*, *fragmented hyphae* dan *lysis*. Hasil uji *in vivo* menunjukkan penurunan kejadian penyakit sebesar 2,23% pada buah dan 23,34% pada tanaman. Pengujian parameter pertumbuhan tanaman yang meliputi tinggi tunas (*shoot height*), panjang akar (*root length*), bobot segar (*fresh weight/FW*), dan bobot kering (*dry weight/DW*) menunjukkan konsistensi yang signifikan dibandingkan dengan fungisida komersil dengan bahan aktif mankozeb 82%. Hasil ini menunjukkan bahwa bakteri kulit katak berpotensi sebagai biokontrol karena memiliki kemampuan antagonis dalam menghambat fungi patogen *Colletotrichum* spp.

Kata kunci: agen hayati; antraknosa; biokontrol; *Colletotrichum*; *dual culture*

**EXPLORATION OF FROG SKIN BACTERIA *Rhacophorus catamitus* AS A  
BIOCONTROL AGENT AGAINST *Colletotrichum* sp. THE CAUSE OF  
ANTHRACNOSE IN CHILI PEPPERS**

Triana Novitasari

21106040051

**ABSTRACT**

Anthracnose disease, caused by *Colletotrichum* spp., is a major constraint in chili pepper production. The excessive use of synthetic fungicides has spurred the search for environmentally friendly control alternatives. This study aims to explore bacteria from frog skin as a biocontrol agent against *Colletotrichum*. Four bacterial isolates (RcV2, RcV3, RcV4, and RcV5) were tested using in vitro and in vivo methods. Screening results using the dual culture method showed that isolates RcV2 and RcV4 had the highest inhibition percentages, namely 41.92% and 42.02%. Confirmatory tests using mycelial inhibition assays, conidial germination tests, and slide culture techniques showed that isolate RcV4 at a concentration of  $1 \times 10^8$  CFU/mL could inhibit fungal mycelial growth with a radius of 23.20 mm and was able to suppress conidial germination by up to 27.27%, as well as induce abnormalities such as dwarfism, fragmented hyphae, and lysis. In vivo test results showed a reduction in disease incidence of 2.23% in fruit and 23.34% in plants. Testing of plant growth parameters, including shoot height, root length, fresh weight (FW), and dry weight (DW), showed significant consistency compared to a commercial fungicide containing 82% mancozeb as the active ingredient. These results indicate that frog skin bacteria have potential as a biocontrol agent due to their antagonistic ability to inhibit the pathogenic fungus *Colletotrichum* spp.

Keywords: anthracnose; biocontrol; biological agents; *Colletotrichum*; dual culture

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan .....	4
D. Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Fungi <i>Colletotrichum</i> sp. Penyebab Antraknosa.....	5
B. Penyakit Antraknosa pada Tanaman Cabai.....	6
C. Agen Pengendalian Hayati atau Biokontrol Fungi Patogen Tanaman....	7
D. Potensi Bakteri Indigenus dari Kulit Katak sebagai Agen Biokontrol..	9

BAB III METODE PENELITIAN.....	11
A. Waktu dan Tempat .....	11
B. Alat dan Bahan.....	11
C. Prosedur Kerja.....	11
D. Analisis Statistik .....	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	17
A. Hasil .....	17
B. Pembahasan.....	27
BAB V PENUTUP.....	32
A. Kesimpulan .....	32
B. Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA .....	33
LAMPIRAN.....	39

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Siklus Hidup Fungi Patogen <i>Colletotrichum</i> Secara Umum.....	6
<b>Gambar 2.</b> Skema Inokulasi dengan metode <i>dual culture</i> .....	12
<b>Gambar 3.</b> Hasil uji antagonis dua bakteri terpilih RcV2 dan RcV4 terhadap fungi <i>Colletotrichum</i> sp. (A) Hasil dual culture bakteri terpilih di media PDA setelah 7 hari inkubasi pada $\pm 28^{\circ}\text{C}$ ; (B) Grafik yang menunjukkan signifikansi 2 isolat terpilih terhadap kontrol ( $\pm\text{SE}$ , $n=3$ ).Tanda bintang menunjukkan tingkat signifikansi (** $P<0,001$ , ** $P<0,01$ ) dengan uji T.....	17
<b>Gambar 4 .</b> Hasil uji hambat miselium <i>Colletotrichum</i> sp terhadap isolat bakteri terpilih pada media PDA setelah 7 hari inkubasi pada suhu $\pm 28^{\circ}\text{C}$ .....	18
<b>Gambar 5.</b> Hasil uji hambat miselium dua bakteri terpilih RcV2 dan RcV4 terhadap fungi <i>Colletotrichum</i> sp ( $\pm$ standar eror, SE, $n = 3$ ). Tanda bintang menunjukkan tingkat signifikansi ( $*P<0,1$ ) dengan uji T.....	19
<b>Gambar 6.</b> Konidia <i>Colletotrichum</i> sp inkubasi 24 jam setelah perlakuan dengan bakteri terpilih yang diamati menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran $40\times 10$ .....	20
<b>Gambar 7.</b> Persentase kemampuan germinasi konidia <i>Colletotrichum</i> sp setelah diberi perlakuan dua bakteri terpilih RcV2 dan RcV4 dengan kontrol menggunakan PDB ( $\pm$ standar eror, SE, $n = 3$ ). Tanda bintang menunjukkan tingkat signifikansi (** $P<0,01$ , $*P<0,1$ ) dengan uji T.....	20
<b>Gambar 8.</b> Morfologi hifa <i>Colletotrichum</i> pasca perlakuan dengan isolat terpilih menggunakan metode slide technique culture terdeteksi adanya abnormalitas pada hifa fungi uji bila dibandingkan dengan kontrol yang tampak normal (a); (b) isolat RcV2; (c) isolat RcV4. <i>dw</i> : <i>dwarf</i> ; <i>fh</i> : <i>fragmented hyphae</i> <i>ly</i> : <i>lisis</i> (perbesaran $40\times 10$ ).....	21

- Gambar 9.** Persentase kejadian penyakit pada buah cabai setelah diberi perlakuan bakteri terpilih RcV4 ( $\pm$  standar error, SE, n = 3). Tanda bintang menunjukkan tingkat signifikansi (\*\*P<0,01, \*P<0,1) dengan uji T..... 22
- Gambar 10.** Persentase keparahan penyakit pada buah cabai setelah diberi perlakuan bakteri terpilih RcV4 ( $\pm$  standar error, SE, n = 3). Tanda bintang menunjukkan tingkat signifikansi (\*\*P<0,01, \*P<0,1) dengan uji T..... 22
- Gambar 11.** Hasil uji in vivo bakteri terhadap buah cabai yang diinokulasikan dengan fungi uji *Colletotrichum* (Col) setelah 7 hari masa inkubasi dengan variasi perlakuan (a) Akuades; (b) Fungi Col1 ( $1 \times 10^6$  konidia/mL); (c) Col+RcV4 ( $1 \times 10^7$  cfu/mL); (d) Col+RcV4 ( $1 \times 10^8$  cfu/mL); (e) Col+ Mankozeb 82%..... 23
- Gambar 12.** Persentase kejadian penyakit pada tanaman cabai setelah diberi perlakuan bakteri terpilih RcV4 ( $\pm$  standar error, SE, n = 3). Tanda bintang menunjukkan tingkat signifikansi (\*\*P<0,001, \*\*P<0,01, \*P<0,1) dengan uji T. .... 24
- Gambar 13.** Hasil uji in vivo bakteri terhadap tanaman cabai yang diinokulasikan dengan fungi uji *Colletotrichum* (Col) dengan variasi perlakuan (a) Akuades; (b) Fungi Col1 ( $1 \times 10^6$  konidia/mL); (c) Col+RcV4 ( $1 \times 10^7$  cfu/mL); (d) Col+RcV4 ( $1 \times 10^8$  cfu/mL); (e) Col+ Mankozeb 82%..... 24
- Gambar 14.** Penampakan morfologi daun uji in vivo bakteri terhadap tanaman cabai yang diinokulasikan dengan fungi uji *Colletotrichum* (Col1.) dengan variasi perlakuan (a) Akuades; (b) Fungi Col1 ( $1 \times 10^6$  konidia/mL); (c) Col+RcV4 ( $1 \times 10^7$  cfu/mL); (d) Col+RcV4 ( $1 \times 10^8$  cfu/mL); (e) Col+ Mankozeb 82%..... 25
- Gambar 15.** Hasil pengukuran parameter pertumbuhan tanaman yang meliputi tinggi tunas (*shoot height*), panjang akar (*root length*), bobot segar (*fresh weight*/FW), dan bobot kering (*dry weight*/DW) pada tanaman cabai setelah diberi perlakuan bakteri terpilih RcV4 ( $\pm$  standar error, SE, n = 3). Tanda bintang menunjukkan tingkat signifikansi (\*\*P<0,01, \*P<0,1) dengan uji T..... 26

**Gambar 16.** Hasil pengamatan mikroskopik dan pengamatan cat gram sel isolat bakteri unggul RcV4 menggunakan (a) mikroskop stereo perbesaran 5x; (b) mikroskop cahaya perbesaran 100x..... 27



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Hasil uji in vivo isolat bakteri terhadap buah cabai yang terserang penyakit dan diinkubasi selama 7 hari berdasarkan keparahan penyakit.....	21
---	----



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Sektor pertanian menjadi tombak utama kemajuan perekonomian dan ketahanan pangan di Indonesia. Hampir seluruh bahan pangan yang menjadi kebutuhan pangan masyarakat Indonesia berasal dari sektor pertanian (Setiani *et al.*, 2021). Selain itu, sebagian besar masyarakat Indonesia mempunyai pekerjaan pada sektor pertanian. Sektor pertanian memberikan kontribusi dengan menyerap sebesar 62,48 % tenaga kerja yang berarti lebih dari setengah dari total keseluruhan penyerapan tenaga kerja (Sakdiyah & Taufiq, 2023). Namun, sektor pertanian juga akan sangat mengalami kerugian apabila pengendaliannya kurang tepat. Kendala yang sering dialami petani bahkan menyebabkan penurunan hasil panen adalah Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). OPT merupakan organisme yang dapat menginfeksi hingga merusak tanaman pertanian, perkebunan dan sayur-sayuran (Zarliani *et al.*, 2020)..

Cabai (*Capsicum annum* L.) merupakan salah satu komoditas utama hasil pertanian Indonesia dengan jenis varietas cabai besar dan cabai rawit. Produktivitas cabai rawit di Indonesia mencapai 1,33 juta ton, sedangkan produktivitas cabai besar mencabai 1,2 juta ton dunia (Hasbi *et al.*, 2021). Selain rasa cabai yang khas, komoditas ini dapat dikonsumsi dalam berbagai bentuk mulai dari buah yang sudah matang hijau segar hingga bentuk kering seperti bubuk (de Silva *et al.*, 2019). Buah cabai memproduksi senyawa *capsaicinoids* (CAPS) termasuk dalam kelompok senyawa alkaloid yang memiliki sifat antioksidan, anti-mutagenik dan karsinogenik (Nadeem *et al.*, 2011). Namun, kendala terbesar yang dihadapi petani cabai adalah adanya infeksi fungi pathogen *Colletotrichum* penyebab penyakit antraknosa yang menyebabkan layu pada cabai sehingga dapat menurunkan kualitas dan menyebabkan penurunan hasil panen yang signifikan (Prusky, 2011).

Penyakit antraknosa ditemukan di sebagian besar negara tropis, misalnya India, Vietnam, Korea dan Indonesia. Penyakit antraknosa menyebabkan kerugian besar misalnya di India mencapai sebesar 10-54%, Vietnam 20-80%, Korea sekitar 10% (Saxena *et al.*, 2016) dan Indonesia 20-90% (Sutomo *et al.*, 2022). Infeksi patogen *Colletotrichum* sp. ditandai berupa bintik-bintik gelap kehitaman yang dikelilingi lingkaran cincin konsetris berwarna kuning (Saputri *et al.*, 2024). Infeksi awal ditandai dengan adanya bintik hitam pada permukaan buah cabai yang selanjutnya membentuk konidia patogen yang merugikan. Patogen *Colletotrichum* sp. menyerang tanaman cabai pada bagian tubuh yang berbeda, *C. kokodes* dan *C. dematium* menyerang daun dan batang, sedangkan *C. akuatum* dan *C. gleosporioides* menginfeksi buah, *C. capsisi* sering dijumpai menginfeksi varietas tanaman cabai merah (Oo & Oh, 2016).

Upaya pengendalian penyakit tanaman yang dilakukan petani adalah dengan pestisida sintesis. Namun, apabila diaplikasikan secara kontinu dapat berdampak negatif bagi lingkungan dan menimbulkan resisten terhadap patogen karena residu yang dihasilkan dari pestisida sintesis juga akan mengganggu kesehatan lingkungan pertanian (Alfons *et al.*, 2023). Dengan demikian diperlukan agen pengendali yang menguntungkan dan ramah lingkungan (Yadav *et al.*, 2023). Salah satu alternatif pendekatan yang dilakukan adalah agen pengendali biologi atau *biocontrol* yaitu pemanfaatan mikroorganisme sebagai antagonis alami seperti bakteri, kapang atau khamir.

Beberapa hasil penelitian tentang potensi agensia biokontrol bakteri dalam mengendalikan pertumbuhan fungi pathogen tanaman telah dilaporkan seperti Annura *et al.*, (2021) melaporkan potensi rizobakteri yang dapat menghambat pertumbuhan fungi patogen *Fusarium oxysporum* yang menyerang tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*). *Bacillus* sp. yang diisolasi dari tanah sekitar perakaran potensial dalam menghambat fungi *Fusarium Oxysporum* pada Tanaman Melon (*Cucumis melo* L) (Suwarno & Masnilah, 2020) Jumpathong *et al.* (2022) juga berpendapat bakteri *Bacillus*

*velezeensis* PW192 yang diisolasi dari tanah perakaran memproduksi biosurfaktan yang dapat digunakan sebagai agen biokontrol dari fungi patogen *Colletotrichum gloeosporioides* dan *Colletotrichum musae*. Penelitian oleh Ruangwong *et al.* (2021) mengungkapkan bahwa strain baru *Trichoderma koningiopsis* PSU3-2 yang diisolasi dari tanah memiliki potensi sebagai agen biokontrol terhadap penyakit antraknosa pada buah cabai yang disebabkan oleh *C. gloeosporioides*. Selain itu, Renjini & Sreeja (2017) juga menemukan bahwa isolat *Bacillus* sp. jenis strain PNRE4, GR1, dan CFLE3 secara signifikan menghambat pertumbuhan fungi penyebab penyakit antraknosa, yaitu *C. capsici*. Usaha eksplorasi bakteri sebagai agensia biokontrol dapat berasal dari berbagai sumber salah satunya dari kulit katak yang dianggap sebagai sumber potensial isolat bakteri yang saat ini sudah mulai diteliti mendalam.

Mikrobiota kulit amfibi salah satunya katak berfungsi sebagai simbiosis yang akan melindungi amfibi dari penyakit (Abarca *et al.*, 2018). Simbiosis bakteri pada kulit amfibi mampu menghambat pertumbuhan fungi patogen melalui produksi metabolit *Natural antimicrobial peptides* (AMPs) seperti Maganin dan Bombesin menunjukkan potensi menghambat pertumbuhan patogen *Bacillus subtilis*, *E.coli*, dan fungi *Trichoderma harzianum* (Ladram & Nicolas, 2024). Bakteri hasil isolasi dari kulit katak *Craugastor ftzingeri* menghambat pertumbuhan fungi patogen *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) dan *B. salamandrivorans* (Bsal) pada tanaman *Arabidopsis thaliana* dan tomat (*Solanum lycopersicum*) (Rebollar & Harris, 2019; Romero *et al.*, 2024). Penelitian yang dilakukan Susilawati *et al.* (2021) bakteri hasil isolasi dari tiga spesies kulit katak yaitu *Hyla Jepang*, *Pelophylax porosus* dan *Burgeria burgeri* menunjukkan pengendalian fungi patogen *Colletotrichum* sp. pada tanaman mentimun. Berdasarkan analisis urutan 16S rDNA isolat bakteri tersebut teridentifikasi ke dalam genus *Paenibacillus*, *Raoutella* sp dan *Citrobacter* sp.

Penelitian mengenai agen biokontrol dari kulit katak di Indonesia masih belum banyak dilaporkan, salah satunya katak *Rhacophorus cotamitus*. Katak *Rhacophorus cotamitus* adalah katak endemik Indonesia yang berasal dari pulau Sumatera. Katak ini merupakan salah satu dari enam spesies dengan genus *Rhacophorus*. Katak endemik ini dapat ditemukan di daerah lokal yang berada di Sumatera bagian selatan. Karakteristik yang unik menjadi ciri khas dari amfibi ini masih belum banyak dilaporkan (Streicher *et al.*, 2012). Penelitian ini akan dilakukan pengkajian mengenai antifungi bakteri yang diisolasi dari kulit *Rhacophorus cotamitus* dalam menghambat pertumbuhan *Colletotrichum* sp. penyebab penyakit antraknosa pada tanaman cabai.

#### **B. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimanakah kemampuan antagonis isolat bakteri dalam menghambat fungsi patogen *Colletotrichum* sp.Coll?
2. Bagaimanakah kemampuan biokontrol isolat bakteri terpilih setelah diujikan secara *in vivo* pada buah dan tanaman cabai?

#### **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui kemampuan antagonis isolat bakteri uji dalam menghambat fungsi patogen *Colletotrichum* sp.Coll.
2. Mengetahui kemampuan biokontrol isolat bakteri terpilih setelah diujikan secara *in vivo* pada buah dan tanaman cabai.

#### **D. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu mengungkapkan potensi isolat bakteri indigenous dari kulit katak *Rhacophorus cotamitus* sebagai alternatif agen biokontrol yang ramah lingkungan. Selain itu, dapat memperkaya pengetahuan dan informasi yang menjadi kontribusi ilmiah dalam bidang pertanian mengenai bakteri indigenous dari kulit katak *Rhacophorus cotamitus*

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Simpulan dari penelitian ini adalah :

1. Empat isolat bakteri uji yang diisolasi dari kulit katak *R. catamittus* bagian ventral dua diantaranya yaitu isolat RcV2 dan RcV4 menunjukkan kemampuan antagonis tinggi dalam menghambat *Colletotrichum* dibandingkan dengan isolat lainnya.
2. Isolat RcV4 menunjukkan kemampuan antifungi tertinggi dalam menghambat *Colletotrichum* pada uji in vivo buah dan tanaman cabai.

#### B. Saran

Saran dari penelitian ini adalah diperlukannya penelitian lanjutan untuk menguji senyawa antifungi yang dihasilkan oleh bakteri terpilih dalam menghambat *Colletotrichum* dan perlu dikembangkan bentuk produk biokontrol yang praktis agar mudah digunakan oleh petani.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abarca, J. G., Vargas, G., Zuniga, I., Whitfield, S. M., Woodhams, D.C., Kerby, J., McKenzie, V.J., Murillo-Cruz, C., & Pinto-Tomás, A. A. (2018). Assessment of Bacterial Communities Associated with The Skin of Costa Rican Amphibians at La Selva Biological Station. *Frontiers in Microbiology*, 9(SEP), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02001>
- Agustina, D., Triasih, U., Dwiastuti, M. E., & Wicaksono, R. C. (2019). Potential of Antagonistic Fungi in Inhibiting The Growth of *Botryodiplodia theobromae* Fungi Causes Stem Rot Disease in *Citrus*. *Jurnal Agronida*, 5(1), 1–6.
- Amallia, R., Suryanti, & Joko, T. (2023). The Potential of *Rhizophagus intraradices*, *Bacillus thuringiensis* Bt BMKP and Silica for Anthracnose Disease Control in Shallot. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 38(2), 433–446. <https://doi.org/10.20961/carakatani.v38i2.76536>
- Ashwini, N., & Srividya, S. (2014). Potentiality of *Bacillus subtilis* as biocontrol Agent for Management of Anthracnose Disease of Chilli caused by *Colletotrichum gloeosporioides* OGC1. *3 Biotech*, 4(2), 127–136. <https://doi.org/10.1007/s13205-013-0134-4>
- Banya, M., Garg Ph, S., Lal Meena Assistant Professor, N., Garg, S., & Lal Meena, N. (2020). A Review: Chilli Anthracnose, its Spread and Management. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4), 1432–1438. [www.phytojournal.com](http://www.phytojournal.com)
- Becker, M. H., Walke, J. B., Cikanek, S., Savage, A. E., Mattheus, N., Santiago, C. N., Minbirole, K. P. C., Harris, R. N., Belden, L. K., & Gratwicke, B. (2015). Composition of Symbiotic Bacteria Predicts Survival in Panamanian Golden Frogs Infected with a Lethal Fungus. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1805). <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2881>
- Bonaterra, A., Badosa, E., Daranas, N., Francés, J., Roselló, G., & Montesinos, E. (2022). Bacteria as Biological Control Agents of Plant Diseases. *Microorganisms*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/microorganisms10091759>
- Cabral, A., Azinheira, H. G., Talhinhos, P., Batista, D., Ramos, A. P., Silva, M. D. C., Oliveira, H., & Várzea, V. (2020). Pathological, Morphological, Cytogenomic, Biochemical and Molecular Data Support The Distinction between *Colletotrichum cigarro* comb. Et stat. nov. and *Colletotrichum kahawae*. *Plants*, 9(4), 1–22. <https://doi.org/10.3390/plants9040502>

- Cannon, P. F., Damm, U., Johnston, P. R., & Weir, B. S. (2012). *Colletotrichum* - Current Status and Future Directions. *Studies in Mycology*, 73, 181–213. <https://doi.org/10.3114/sim0014>
- Cevallos, M. A., Basanta, M. D., Bello-López, E., Escobedo-Muñoz, A. S., González-Serrano, F. M., Nemeč, A., Romero-Contreras, Y. J., Serrano, M., & Rebollar, E. A. (2022). Genomic Characterization of Antifungal *Acinetobacter* Bacteria Isolated from The Skin of The Frogs *Agalychnis callidryas* and *Craugastor fitzingeri*. *FEMS Microbiology Ecology*, 98(12), 1–11. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiac126>
- Conlon, J. M. (2011). The Contribution of Skin Antimicrobial Peptides to The System of Innate Immunity in Anurans. *Cell and Tissue Research*, 343(1), 201–212. <https://doi.org/10.1007/s00441-010-1014-4>
- Conlon, J. M., Guilhaudis, L., Attoub, S., Coquet, L., Leprince, J., Jouenne, T., & Mechkarska, M. (2023). Purification, Conformational Analysis And Cytotoxic Activities of Host-Defense Peptides from The Tungara Frog *Engystomops pustulosus* (Leptodactylidae; Leiuperinae ). *Amino Acids*, 55(10), 1349–1359. <https://doi.org/10.1007/s00726-023-03312-2>
- De Silva, D. D., Crous, P. W., Ades, P. K., Hyde, K. D., & Taylor, P. W. J. (2017). Life Styles of *Colletotrichum* Species and Implications for Plant Biosecurity. *Fungal Biology Reviews*, 31(3), 155–168. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2017.05.001>
- Dowling, M., Peres, N., Villani, S., & Schnabel, G. (2020). Managing *Colletotrichum* on Fruit Crops: A “Complex” Challenge. *Plant Disease*, 104(9), 2301–2316. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-19-2378-FE>
- El Khoury, W., & Makkou, K. (2010). Integrated Plant Disease Management in Developing Countries. *Journal of Plant Pathology*, 92(4), 35–42.
- El-Wakeil, N., Saleh, M., & Abu-hashim, M. (2019). *Cottage Industry of Biocontrol Agents and Their Applications: Practical Aspects to Deal Biologically with Pests and Stresses Facing Strategic Crops*. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-33161-0>
- Gai, Y., & Wang, H. (2024). Plant Disease: A Growing Threat to Global Food Security. *Agronomy*, 14(8), 1–11. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081615>
- Gautam, A. K. (2014). *Colletotrichum gloeosporioides*: Biology, Pathogenicity and Management in India. *Journal of Plant Physiology & Pathology*, 02(02). <https://doi.org/10.4172/2329-955x.1000125>
- Gomes, S., Bacelar, E., Martins-Lopes, P., Carvalho, T., & Guedes-Pinto, H. (2012). Infection Process of Olive Fruits by *Colletotrichum acutatum* and the Protective Role of The Cuticle and Epidermis. *Journal of Agricultural Science*, 4(2), 101–110. <https://doi.org/10.5539/jas.v4n2p101>

- Gowtham, H. G., Murali, M., Singh, S. B., Lakshmeesha, T. R., Narasimha Murthy, K., Amruthesh, K. N., & Niranjana, S. R. (2018). Plant growth Promoting Rhizobacteria-*Bacillus amyloliquefaciens* improves plant growth and induces resistance in Chilli Against Anthracnose Disease. *Biological Control*, 126, 209–217. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.05.022>
- Halimatus Sakdiyah, & Taufiq, M. (2023). Analisis Penyerapan Tenaga Kerja pada Sektor Pertanian di Kabupaten Lamongan. *Jae (Jurnal Akuntansi Dan Ekonomi)*, 8(2), 55–66. <https://doi.org/10.29407/jae.v8i2.20163>
- Hassine, M., Aydi-Ben-Abdallah, R., Jabnoun-Khireddine, H., & Daami-Remadi, M. (2022). Soil-borne and Compost-borne *Penicillium* sp. and *Gliocladium* spp. as Potential Microbial Biocontrol Agents for The Suppression of Anthracnose-Induced Decay on Tomato Fruits. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00519-5>
- Hernández-Gómez, O., Wuerthner, V., & Hua, J. (2020). Amphibian Host and Skin Microbiota Response to a Common Agricultural Antimicrobial and Internal Parasite. *Microbial Ecology*, 79(1), 175–191. <https://doi.org/10.1007/s00248-019-01351-5>
- Hughey, M.C., Bletz, M.C., Medina, D., & Shoemaker, W.R. (2022). An Experimental Test of Disease Resistance Function in The Skin-Associated Bacterial Communities of Three Tropical Amphibian Species. *February*, 1–11. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiac023>
- Ihkwanisa, N., Nugraheni, I. A., Kurniawati, T., & Fardhani, D. M. (2023). Uji Antagonis *Trichoderma* spp terhadap Layu *Fusarium* Tanaman Cabai (*Capsicum annum*). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta*, 1, 244–252.
- Jaihan, P., Sangdee, K., & Sangdee, A. (2018). Disease Suppressive Activity of Extracts from Entomopathogenic Fungus *Ophiocordyceps sobolifera* Against Chili Anthracnose Fungi *Colletotrichum* spp. in a Pot Experiment. *Journal of General Plant Pathology*, 84(3), 237–242. <https://doi.org/10.1007/s10327-018-0778-3>
- Kakbra, R. F. (2024). Effect of Seaweed, Moringa Leaf Extract and Biofertilizer on Growth, Yield and Fruit Quality of Cucumber (*Cucumis Sativus* L.) under Greenhouse Condition. <http://arxiv.org/abs/2403.17984>
- Kolytaitė, A., Vaitiekūnaitė, D., Antanyrienė, R., Baniulis, D., & Frercks, B. (2022). *Monilinia fructigena* Suppressing and Plant Growth Promoting Endophytic *Pseudomonas* spp. Bacteria Isolated from Plum. *Microorganisms*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/microorganisms10122402>
- Ladram, A., & Nicolas, P. (2024). Antimicrobial peptides from frog skin. *Frontiers*

in *Bioscience*, 1–32.

- Lestari, S. A., Kulsum, U., & Ramdan, E. P. (2021). The Efficacy of Several Biological Agents Against in Vitro Growth Suppression of *Pyricularia grisea*. *Jurnal Penelitian Agronomi*, 23(1), 31–36.
- Mavrodi, D. V, Mavrodi, O. V, Parejko, J. A., Weller, D. M., & Thomashow, L. S. (2011). The Role of 2, 4-Diacetylphloroglucinol- and Phenazine-1-Carboxylic acid-Producing *Pseudomonas* spp . in Natural Protection of Wheat from Soilborne Pathogens. 267–283. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-21061-7>
- Mochizuki, M., Yamamoto, S., Aoki, Y., & Suzuki, S. (2012). Isolation and Characterisation of *Bacillus amyloliquefaciens* S13-3 as a Biological Control Agent for Anthracnose caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. *Biocontrol Science and Technology*, 22(6), 697–709. <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.679644>
- Mutmainnah, N., Mariana, M., & Rosa, H. O. (2022). Uji Daya Antagonis Beberapa Khamir sebagai Agen Pengendali Penyakit Antraknosa (*Colletotricum* sp.) pada Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*, 5(2), 513–517. <https://doi.org/10.20527/jppt.v5i2.1257>
- Nadeem, M., Anjum, F. M., Khan, M. R., Saeed, M., & Riaz, A. (2011). Antioxidant Potential of Bell Pepper (*Capsicum annum* L.)-A Review. *Pakistan Journal of Food Science*, 21(1), 45–51.
- Nasiroh, U., Isnawati, & Trimulyono, G. (2015). Antifungal Activity of *Serratia marcescens* to *Alternaria porri* causing Purple Bloch Disease in in Vitro Treatment. *LenteraBio*, 4(1), 13–18. <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio>
- Nur Mutmainnah. (2022). 1257-Article Text-3430-1-10-20220511. 5(02), 513–517.
- Oo, M. M., & Oh, S.-K. (2016). Chilli Anthracnose (*Colletotrichum* spp.) Disease and its Management Approach. *Korean Journal of Agricultural Science*, 43(2), 153–162. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20160018>
- Prasetyo, R. T., Rialita, A., & Mahyarudin, M. (2024). Aktivitas Antijamur Isolat Bakteri Endofit Tanaman Kunyit (*Curcuma longa* L.) terhadap Penghambatan Pertumbuhan *Candida albicans*. *Jurnal Pendidikan Informatika Dan Sains*, 13(2), 228–237. <https://doi.org/10.31571/saintek.v13i2.7957>
- Pretty, J. (2008). Agricultural Sustainability: Concepts, Principles and Evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 447–465. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163>
- Prusky, D. (2011). Reduction of The Incidence of Postharvest Quality Losses, and Future Prospects. *Food Security*, 3(4), 463–474. <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0147-y>

- Rebollar, E. A., & Harris, R. N. (2019). Editorial: Ecology of Amphibian-Microbial Symbioses. *Frontiers in Microbiology*, *10*(MAR), 1–3. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00766>
- Ridzuan, R., Rafii, M. Y., Ismail, S. I., Yusoff, M. M., Miah, G., & Usman, M. (2018). Breeding for Anthracnose Disease Resistance in Chili: Progress and Prospects. *International Journal of Molecular Sciences*, *19*(10), 1–21. <https://doi.org/10.3390/ijms19103122>
- Romero-Contreras, Y. J., González-Serrano, F., Bello-López, E., Formey, D., Aragón, W., Cevallos, M. Á., Rebollar, E. A., & Serrano, M. (2024). Bacteria From The Skin of Amphibians Promote Growth of *Arabidopsis thaliana* and *Solanum lycopersicum* by Modifying Hormone-Related Transcriptome Response. *Plant Molecular Biology*, *114*(3), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11103-024-01444-x>
- Rungjindamai, N. (2016). Isolation and Evaluation of Biocontrol Agents in Controlling Anthracnose Disease of Mango in Thailand. *Journal of Plant Protection Research*, *56*(3), 306–311. <https://doi.org/10.1515/jppr-2016-0034>
- Saputri, A. E., Suwandi, S. M., Hamidson, H., Muslim, A., & Irsan, C. (2024). Efikasi Biakan Cair *Trichoderma* spp. terhadap *Colletotrichum capsici* dan Penyakit Antraknosa pada Buah Cabai Merah (*Capsicum annuum*). *Jurnal Agrotek Tropika*, *12*(3), 505–511. <https://doi.org/10.23960/jat.v12i3.7830>
- Saxena, A., Raghuwanshi, R., Gupta, V. K., & Singh, H. B. (2016). Chilli Anthracnose: The Epidemiology and Management. *Frontiers in Microbiology*, *7*(SEP), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01527>
- Setiani, S. Y., Pratiwi, T., & Fitrianto, A. R. (2021). Tenaga Muda Pertanian dan Ketahanan Pangan di Indonesia. *Cakrawala*, *15*(2), 95–108. <https://doi.org/10.32781/cakrawala.v15i2.386>
- Shaibah, N. A. (2024). Potensi Antifungi dari Agensia Bakteri Kulit Katak *Sumaterana crassiovis* terhadap Pertumbuhan Fungi Patogen *Colletotrichum* sp. Penyebab Penyakit Antraknosa pada Tanaman Cabai. UIN Sunan Kalijaga.
- Sharma, A., Sharma, I. M., Sharma, M., Sharma, K., & Sharma, A. (2021). Effectiveness of Fungal, Bacterial and Yeast Antagonists for Management of Mango Anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *31*(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00480-9>
- Shehata, M. G., El Sohaimy, S. A., El-Sahn, M. A., & Youssef, M. M. (2016). Screening of Isolated Potential Probiotic Lactic Acid Bacteria for Cholesterol Lowering Property and Bile Salt Hydrolase Activity. *Annals of Agricultural Sciences*, *61*(1), 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2016.03.001>

- Soliman, S. A., Abdelhameed, R. E., & Metwally, R. A. (2023). In Vivo and In Vitro Evaluation of The Antifungal Activity of The PGPR *Bacillus amyloliquefaciens* RaSh1 (MZ945930) Against *Alternaria alternata* with Growth Promotion Influences on *Capsicum annuum* L. Plants. *Microbial Cell Factories*, 22(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/s12934-023-02080-8>
- Streicher, J. W., Harvey, M. B., Sheehy, C. M., Anders, B., & Smith, E. N. (2012). Identification and Description of The Tadpole of The Parachuting Frog *Rhacophorus catamitus* from Southern Sumatra, Indonesia. *Journal of Herpetology*, 46(4), 503–506. <https://doi.org/10.1670/11-086>
- Suprpta, D. N. (2022). Biocontrol of Anthracnose Disease on Chili Pepper Using a Formulation Containing *Paenibacillus polymyxa* C1. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5(January), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.782425>
- Susilawati, L., Iwai, N., Komatsu, K., & Arie, T. (2021). Antifungal Activity of Bacteria Isolated from Japanese Frog Skin Against Plant Pathogenic Fungi. *Biological Control*, 153(November 2020), 104498. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104498>
- Sutomo, R. C., Subandiyah, S., Wibowo, A., & Widiastuti, A. (2022). Description and Pathogenicity of *Colletotrichum* Species Causing Chili Anthracnose in Yogyakarta, Indonesia. *Agrivita*, 44(2), 312–321. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v44i2.3705>
- Suwarno, S. J., & Masnilah, R. (2020). Potensi *Bacillus* spp. sebagai Agen Biokontrol untuk Menekan Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum*) pada Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.). *Jurnal Pengendalian Hayati*, 3(1), 22. <https://doi.org/10.19184/jph.v3i1.17148>
- V.B., S., & H.P., S. (2021). Anthracnose Disease of *Capsicum annuum* L. and its Bio Control Management: A Review. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 9(2), 172–176. <https://doi.org/10.12691/aees-9-2-8>
- Wei, L., Yang, C., Cui, L., Jin, M., & Osei, R. (2023). *Bacillus* spp. Isolated from Pepper Leaves and Their Function and Inhibition of The Fungal Plant Pathogen *Colletotrichum scovillei*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-023-00686-z>
- Yadav, M., Divyanshu, K., Dubey, M. K., Rai, A., Kumar, S., Tripathi, Y. N., Shukla, V., & Upadhyay, R. S. (2023). Plant Growth Promotion and Differential Expression of Defense Genes in Chilli Pepper Against *Colletotrichum truncatum* Induced by *Trichoderma asperellum* and *T. harzianum*. *BMC Microbiology*, 23(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12866-023-02789-x>