

**AKTIVITAS BIOKONTROL BAKTERI *INDIGENOUS* DARI
KULIT KATAK *Rhacophorus catamitus* TERHADAP FUNGI
PATOGEN *Fusarium sp. cubense* PENYEBAB PENYAKIT LAYU
FUSARIUM SECARA *IN VITRO***

SKRIPSI

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

Disusun Oleh :
Jeny Isna Subiakto
21106040015

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI BIOLOGI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UIN SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2026

**AKTIVITAS BIOKONTROL BAKTERI *INDIGENOUS* DARI
KULIT KATAK *Rhacophorus catamitus* TERHADAP FUNGI
PATOGEN *Fusarium* sp. *cubense* PENYEBAB PENYAKIT
LAYU FUSARIUM SECARA *IN VITRO***

SKRIPSI

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



Disusun Oleh :
Jeny Isna Subiakto
21106040015

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-163/U.n.02/DST/PP.00.9/01/2026

Tugas Akhir dengan judul : Aktivitas Biokontrol Bakteri Indigenous Dari Kulit Katak *Rhacophorus catamitus* Terhadap Fungi Patogen *Fusarium* sp. cubense Penyebab Penyakit Layu *Fusarium* Secara *in vitro*

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : JENY ISNA SUBIAKTO
Nomor Induk Mahasiswa : 21106040015
Telah diujikan pada : Selasa, 06 Januari 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Kenna Sodang

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

Valid ID: 601377Amakak



Penguji I

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

Valid ID: 60008ka1Hwz7



Penguji II

Agessy Ika Nurlita, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6011071i2604



Yogyakarta, 06 Januari 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khatul Wulandari, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 600672071454

STATE AM UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth, Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

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

Nama : Jery Isna Subianto

NIM : 21106040014

Judul Skripsi : Aktivitas Biokontrol Bakteri Indigenous Dari Kulit Katak *Rhacophorus catamitus* Terhadap Fungi Patogen *Fusarium* sp. Penyebab Penyakit Layu *Fusarium* Secara *In Vitro*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Biologi.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunafasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 23 Desember 2025

Pembimbing

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

NIP. 19790127 200901 2 004

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Jeny Isna Subiakto
NIM : 21106040015
Jurusan : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Aktivitas Biokontrol Bakteri Indigenous Dari Kulit Katak *Rhacophorus catamitus* Terhadap Fungi Patogen *Fusarium* sp. *Cubense* Penyebab Penyakit Layu *Fusarium* Secara in Vitro**" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 23 Desember 2025


METERAI TEMPEL
7710ANK202048098
Jeny Isna Subiakto
NIM. 21106040015

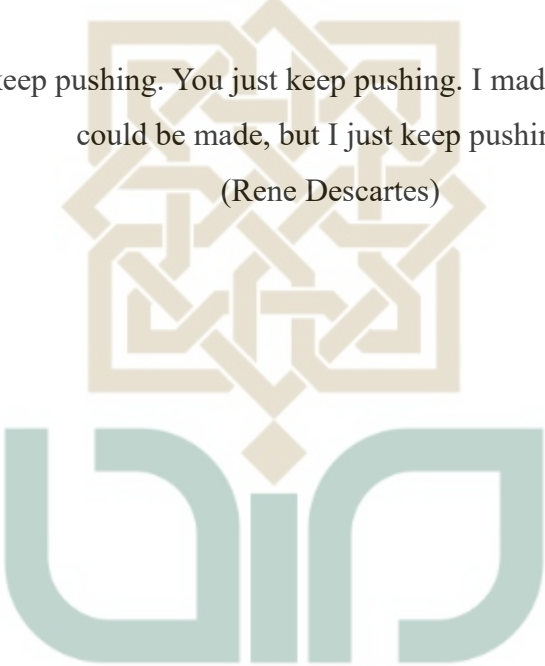
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

“Sebagus-bagusnya anugrah itu akal yang baik dan sejelek-jeleknya kecelakaan
adalah kebodohan”
(Nasoihul ibad)

“Ilmu amaliah, amal ilmiah”
(Ibnu Hasan)

“You just keep pushing. You just keep pushing. I made every mistake that
could be made, but I just keep pushing”
(Rene Descartes)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Bismillahirraahmanirrahim,

Alhamdulillahirabbilalamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, ilmu, nikmat, dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aktivitas Biokontrol Bakteri *Indigenous* Dari Kulit Katak *Rhacophorus catamitus* Terhadap Fungi Patogen *Fusarium* sp. *cubence* Penyebab Penyakit Layu *Fusarium* Secara *in vitro*” dengan baik. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang diharapkan syafaatnya kelak dihari akhir. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi jenjang S-1 Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penulisan menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan, arahan, bimbingan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si., selaku dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
2. Ibu Dr. Ika Nugraheni Ari Martiwi, S.Si., M.Si., selaku ketua Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Lela Susilawati, Ph.D., selaku dosen pembimbing akademik dan pembimbing skripsi telah mendampingi penulis sejak semester 1 - 8 dan memberikan izin penggunaan data Frog's Project untuk skripsi ini, serta meluangkan waktu untuk memberikan koreksi, masukan, arahan, dan bimbingan dari tahap proposal hingga penyelesaian naskah skripsi.
4. Seluruh jajaran dosen dan tenaga pendidik Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga
5. Ibu Dewi isna ningsih dan Bapak Lalu Sukarlan selaku orang tua penulis yang selalu memberikan doa, kasih sayang, pengorbanan dan dukungan penuh kepada penulis dalam proses belajarnya

6. Nenek Djupnah, Paman Suhaidi umar, Bibi Sriatun, dan seluruh keluarga besar terima kasih atas dukungan, doa serta menjadi tempat cerita terbaik penulis, sehingga penulis kuat dalam menyelesaikan pendidikan ini. Terima kasih telah sabar dan selalu antusias menunggu kepulangan penulis dari tanah rantau. Sehat dan panjang umur semuanya.
7. Ibu Ummi azizah dan Abah syari'udin selaku pembimbing Asrama Uqwah Asri, terima kasih atas arahan, bimbingan dan doa kepada penulis.
8. Adik penulis Nuha, Novi, dan Nely menjadi alasan untuk penulis tetap semangat dalam belajar.
9. Teman seperjuangan Elisa, Triana, dan Rizqi serta teman seperbimbingan Bu Lela yang selalu mendukung dan menyemangati penulis. Dan menjadi teman diskusi penulis.
10. Teruntuk diri saya sendiri Jeny Isna Subiakto. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Tetaplah menjadi perempuan yang suka dengan ilmu dan belajar, ayo temui banyak hal indah dan bertemu dengan orang-orang hebat diluar sana.

Sebagai penutup, penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima segala saran dan kritik sebagai pengembangan penelitian dalam karya tulis ini. Penulis berharap bahwa skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca umumnya.

Yogyakarta, 12 Desember 2025

Penulis

**AKTIVITAS BIOKONTROL BAKTERI *INDIGENOUS* DARI KULIT
KATAK *Rhacophorus catamitus* TERHADAP FUNGI PATOGEN
Fusarium sp. cubence PENYEBAB PENYAKIT LAYU FUSARIUM
SECARA *IN VITRO***

Jeny Isna Subiakto
21106040015

ABSTRAK

Fusarium oxysporum sp. *cubence* merupakan patogen penyebab penyakit layu fusarium pada tanaman pisang yang sulit dikendalikan dan berdampak pada menurunnya produksi pisang global. Alternatif ramah lingkungan yang dapat digunakan dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. dengan memanfaatkan agen biokontrol, yaitu bakteri antagonis dari kulit katak karena diketahui memproduksi senyawa antifungi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji potensi bakteri dari kulit katak spesies *R. catamitus* dalam mengendalikan *Fusarium* sp. secara *in vitro*. Sebanyak empat isolat bakteri dari bagian ventral digunakan dan dilakukan *screening* bakteri unggul dengan metode *dual culture*. Dua isolat bakteri yaitu RcV2 dan RcV4 menunjukkan penghambatan tertinggi terhadap pertumbuhan *Fusarium* sp. dengan persentase penghambatan masing-masing 21,43% dan 23,32%. Hasil uji hambat miselium tertinggi pada RcV2 dan RcV4 densitas 1×10^8 CFU/mL dengan rata-rata radial lebih rendah dibanding kontrol yaitu 31,4 mm dan 31,5 mm. Pada penghambatan germinasi konidia oleh isolat RcV4 1×10^8 CFU/mL menghasilkan persentase perkecambahan FOC terendah yaitu 7%.

Kata kunci : Biokontrol, *Dual culture*, *Fusarium* sp., Layu fusarium, *R. catamitus*,

**BIOCONTROL ACTIVITY OF INDIGENOUS BACTERIA FROM THE
SKIN OF *Rhacophorus catamitus* FROGS AGAINST THE PATHOGENIC
FUNGUS *Fusarium* sp. *cubense* CAUSING FUSARIUM WILT DISEASE
*IN VITRO***

Jeny Isna Subiakto
21106040015

ABSTRAC

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* is the causal agent of Fusarium wilt in banana plants, a disease that is difficult to control and has led to a global decline in banana production. An environmentally friendly alternative for disease management is the use of biocontrol agents, such as antagonistic bacteria derived from frog skin, which are known to produce antifungal compounds. This study aimed to evaluate the potential of bacteria isolated from the skin of the frog species *R. catamitus* to control *Fusarium* sp. growth *in vitro*. Four bacterial isolates obtained from the ventral skin were subjected to screening using the dual culture method. The results showed that two bacterial isolates, RcV2 and RcV4, exhibited the highest inhibitory activity against *Fusarium* sp., with inhibition percentages of 21.43% and 23.32%, respectively. The highest mycelium inhibition results were observed in RcV2 and RcV4 at a density of 1×10^8 CFU/mL with a lower average radial diameter than the control, namely 31.4 mm and 31.5 mm. In the inhibition of conidia germination by isolate RcV4 at a density of 1×10^8 CFU/mL, the lowest percentage of FOC germination was observed, at 7%.

Keywords : Biocontrol, Dual culture, *Fusarium* sp. Fusarium wilt, *R. catamitus*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iv
MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRAC	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Penyakit Fusarium Wilt pada Tanaman Pisang.....	6
B. Pengendalian Hayati penyakit fusarium wilt pisang	9
C. Karakteristik Katak Endemik <i>R. catamitus</i>	11
D. Potensi Bakteri Indigen dari Kulit Katak Sebagai Agen Biokontrol	12
BAB III.....	14
METODE PENELITIAN	14
A. Waktu dan Tempat	14
B. Alat dan Bahan	14

C. Prosedur Penelitian	14
1. Preparasi Isolat Fungi Patogen <i>Fusarium</i> sp. strain BD2	14
2. <i>Re-culture</i> bakteri indigenous	14
3. <i>Screening</i> bakteri berdasarkan kemampuannya dalam menghasilkan antifungi terhadap FOC secara in vitro	15
4. Uji Aktivitas Antifungi Bakteri terhadap pertumbuhan FOC.	16
5. Pengamatan Morfologi Miselium <i>Fusarium</i> sp.....	17
6. Analisis Data	17
BAB IV	18
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
A. Hasil Penelitian.....	18
B. Pembahasan	24
BAB V	30
PENUTUP	30
A. Kesimpulan.....	30
B. Saran	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Gejala eksternal infeksi berupa daun menguning dan layu, dan gejala internal diskolorasi pada jaringan pembuluh akar disebabkan oleh Foc	7
Gambar 2. Karakteristik morfologi katak endemik Indonesia <i>R. catamitus</i>	11
Gambar 3. Skema <i>dual culture method</i> . F = Fungi pathogen, B = Bakteri) bakteri diinokulasikan dengan jarak 2 cm dari fungi	15
Gambar 4. Hasil re-culture isolat bakteri pada media TSA inkubasi 24 jam pada suhu ruang	18
Gambar 5. Koloni tunggal bakteri umur 24 jam setelah proses purifikasi pada media TSA yang diamati menggunakan mikroskop stereo (a) isolat RcV2 (b) isolat RcV3 (c) isolat RcV4 (d) isolat RcV5	19
Gambar 6. Hasil uji antagonis dengan metode <i>dual culture</i> dua isolat bakteri terpilih RcV2 dan RcV4 terhadap fungi FOC.	20
Gambar 7. Hasil uji penghambatan miselium FOC oleh dua isolat bakteri RcV2 dan RcV4 dengan densitas berbeda.....	21
Gambar 8. Morfologi hifa FOC pasca perlakuan dengan isola terpilih menggunakan metode <i>slide culture</i>	
Gambar 9. Hasil uji penghambatan germinasi konidia FOC dengan bakteri RcV2 dan RcV4 pada densitas masing-masing (1×10^7 cfu/mL dan 1×10^8 cfu/mL) setelah inkubasi 24 jam pada suhu ruang + 28°C.	23
Gambar 10. Penampakan mikroskopis hasil pengecatan gram isolat unggul (Perbesaran 100x dengan <i>immersion oil</i>)	24

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik makroskopik koloni bakteri umur 24 jam setelah proses purifikasi pada media TSA yang diamati menggunakan mikroskop stereo.....	19
Tabel 2. Hasil uji antagonis empat isolat bakteri indigenous terhadap pertumbuhan FOC menggunakan metode <i>dual culture</i> inkubasi 7 hari pada suhu + 28°C.....	20



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan negara tropis dengan keanekaragaman hayati terbesar di dunia salah satunya keanekaragaman amfibi dimana ordo Gymnophiona dan Anura merupakan jenis amfibi dunia yang dimiliki Indonesia (Siahaan *et al.*, 2019). Amfibi diketahui memiliki mikrobioma yang kaya dan beragam pada kulitnya (Proença *et al.*, 2021). Salah satu jenis amfibi, katak memiliki komunitas bakteri di kulitnya yang mampu memproduksi metabolit antifungi untuk melindungi inangnya, komunitas bakteri ini memberikan resistensi terhadap patogen, dan didominasi oleh filum Proteobacteria, Bacteroidetes, dan Actinobacter yang berasosiasi dengan kulit katak di wilayah tropis (Mutnale *et al.*, 2021).

Efektivitas bakteri kulit katak terhadap patogen telah dibuktikan melalui beberapa penelitian secara *in vitro* maupun *in vivo* (Proença *et al.*, 2021). Sun *et al.*, (2023) melaporkan bakteri dari filum Firmicutes, Proteobacteria, Bakterioidota dan, fungi dari filum Ascomycota berperan dalam menghambat pertumbuhan fungi patogen pada amfibi. Kemampuan mikrobioma katak khususnya bakteri dalam menghambat pertumbuhan fungi patogen ini dapat diaplikasikan pada fungi patogen yang menginfeksi tanaman sebagai agensia biokontrol.

Biokontrol adalah upaya pengurangan jumlah inokulum atau aktivitas patogen yang dilakukan melalui pemanfaatan satu atau lebih organisme selain manusia dengan tujuan memberikan manfaat bagi manusia (Stenberg *et al.*, 2021). Menurut Tariq *et al.*, (2020) biokontrol merupakan upaya mengurangi populasi patogen tanaman oleh organisme hidup tanpa mengganggu pertumbuhan flora dan fauna di sekitarnya serta berkontribusi pada peningkatan kesuburan tanah.

Beberapa penelitian tentang kemampuan biokontrol bakteri dari kulit katak telah dilaporkan beberapa peneliti antara lain Susilawati *et al.*,

(2023) yang menunjukkan bahwa *Pseudomonas* sp. KSMD3 yang diisolasi dari kulit katak *Fejervarya limnocharis* mampu menurunkan keparahan penyakit antraknosa pada cabai sebesar 30% yang disebabkan *Colletotrichum capsici*. Aktivitas antagonis yang tinggi terhadap *B. cinerea* ditunjukkan oleh tiga isolat *Actinobacter* sp. yang berasal dari kulit katak *Craugastor fitzinger* yaitu isolat *Actinobacter* sp. C321 dengan persentase 58.41%, *Actinobacter* sp. C26G 47.46% dan, *Actinobacter radioresistens* C30P 47.46% pada pengujian *in vitro* (Cevallos *et al.*, 2022). Bakteri *Actinobacter* sp. C321 dari kulit katak *Craugastor fitzinger* menunjukkan potensi menghambat pertumbuhan fungi *Botrytis cinerea*, penyebab penyakit *gray mold* pada blueberry. *Actinobacter* sp. C321 dari kulit katak *Craugastor fitzinger* berkontribusi sebagai biostimulan pada tanaman *Arabidopsis thaliana* dan, *Solanum lycopersicum* (Romero-Contreras *et al.*, 2024). Tiga jenis bakteri yaitu *Peanibacillus validus* (HjD57), *Roultella terrigena* (HjD92), dan *Citrobacter freundii* (B341) yang diisolasi dari kulit katak Jepang yaitu *Hyla japonica* dan *Buergeria buergeri* menunjukkan aktifitas biokontrol terhadap penyakit tanaman dari jenis fungi patogen yaitu *Colletorichum orbicular*, *Foxysporum* f. sp. *lycopersici*, dan *Fusarium fujikuroi* (Susilawati *et al.*, 2021).

Potensi bakteri pada kulit katak sebagai biokontrol sudah diteliti di beberapa negara seperti Niederle *et al.*, (2019) yang melaporkan keberadaan bakteri asam laktat (BAL) yaitu *Enterococcus gallinarum* dan *Lactococcus garvieae* yang memiliki sifat probiotik dan antifungi dari kulit katak *Lithobates catesbeianus* asal Amerika Utara. *Pseudomonas* sp. yang diisolasi dari kulit katak *Phyllomedusa distinca* dari Brazil memiliki daya hambat bakteri patogen *Aeromonas hydrophila* dan *Staphylococcus aureus* pada katak sebesar 58% (Assis *et al.*, 2016). Bakteri dari amfibi katak *Lithobates spectabilis* dan salamander *Ambystoma rivulare* asal Meksiko didominasi genus *Stenotrophomonas* spp., dan *Pseudomonas* spp. memiliki intensitas menghambat infeksi *Batrachochytrium dedrobatidis* pada amfibi (Nava-González *et al.*, 2021). Potensi bakteri dari kulit katak jenis Indonesia

sebagai agensia biokontrol dalam menghambat pertumbuhan fungi patogen saat ini relatif masih belum banyak dilaporkan.

Rhacophorus catamitus merupakan katak endemik Indonesia yang berasal dari Sumatera Selatan (Streicher *et al.*, 2012) yang habitat utamanya adalah pengunungan, hutan dari dataran menengah sampai tinggi (Kurniati & Mujiono, 2020). *R. catamitus* termasuk genus *Rhacophoridae* dengan kemampuannya meluncur ‘*Gliding frog*’ dari satu pohon ke pohon yang lain (O’Connell *et al.*, 2018). Keberagaman bakteri indigenus dari kulit katak *R. catamitus* dan potensinya sebagai agensia biokontrol fungi patogen tanaman belum dilaporkan sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilaksanakan dengan mengevaluasi potensi bakteri kulit katak endemik khas Indonesia dan mengetahui potensinya dalam menghasilkan antifungi yang menghambat pertumbuhan fungi patogen penting pada tanaman salah satunya adalah *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) penyebab *fusarium wilt* pada tanaman pisang.

Pisang merupakan salah satu tanaman buah dan pangan terpenting di wilayah tropis dan subtropis diseluruh dunia. Ancaman terbesar dari pisang ini adalah adanya serangan fungi patogen (Foc) penyebab penyakit layu Fusarium atau *fusarium wilt* (Kawicha *et al.*, 2023), sehingga berakibat pada terancamnya produksi pisang secara global (Bubici *et al.*, 2019). *Fusarium* menginfeksi tanaman melalui akar menyebar ke jaringan pembuluh xylem dan floem sehingga menyebabkan gejala pembusukan pada akar, batang, buah serta biji, menguning dan layu pada daun, dan kanopi (Ekwomadu & Mwanza, 2023) hingga menyebabkan kematian pada tanaman (Das *et al.*, 2023).

Metode pencegahan dan pengendalian fungi patogen yang berkembang dimasyarakat masih secara kimiawi misalnya fumigasi tanah dan fungisida (Siamak & Zheng, 2018). Namun, aplikasi fungisida kimia berisiko terhadap kesehatan manusia, membahayakan organisme non-target dan lingkungan dan dampak negatif terbesar adalah dapat mengakibatkan munculnya patogen yang resisten terhadap fungisida (Kawicha *et al.*, 2023).

Metode lain seperti pengembangan varietas tahan penyakit cenderung sulit, mahal dan kurang efektif dibandingkan dengan fungisida konvensional (McLaughlin *et al.*, 2023). Pemanfaatan agen hayati yang bersifat antagonis terhadap fitopatogen dapat menjadi alternatif untuk mengurangi penggunaan pestisida kimia karena tidak berbahaya untuk organisme hidup dan lingkungan serta dapat menurunkan tingkat resistensi hama patogen terhadap pestisida kimia (Tariq *et al.*, 2020).

Pengendalian penyakit *fusarium wilt* pada pisang yang disebabkan Foc oleh bakteri dari berbagai substrat telah dilaporkan peneliti sebelumnya misalnya memanfaatkan bakteri yang diisolasi dari rizosfer tanaman pisang yaitu *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Streptomyces* spp., dan fungi *Trichoderma* spp. (Bubici *et al.*, 2019) *Peanibacillus terrae*, *Burkholderia cepacia*, *Bacillus amyloliquefaciens*, dan *Trichoderma harzianum* yang diisolasi dari rizosfer tanaman pisang (Du *et al.*, 2022), *Piriformospora indica* fungi endofit dan bakteri *Streptomyces morookaensis* Sm4-1986 yang diisolasi dari rizosfer tanaman pisang (Zhu *et al.*, 2025). Bakteri endofit asal akar tanaman wangi (*Chrysopogon zizanioides*) yaitu *Burkholderia cepacia* mampu menginduksi resistensi terhadap Foc hingga 86% dengan meningkatkan produksi hormon auksin, giberelin, sitokinin dan etilen (Mohite *et al.*, 2024). *Burkholderia* sp. HQB-1 asal rizosfer tanaman pisang sehat menunjukkan sifat antagonis terhadap Foc dan aktivitas antifungi yang menjanjikan terhadap layu fusarium yang menginfeksi berbagai varietas pisang seperti *Musa acuminata* L., dan Cavendish (Xu *et al.*, 2020).

Substrat bakteri yang potensial sebagai agensia biokontrol dapat berasal dari kulit katak endemik Indonesia. Berdasarkan penelitian sebelumnya, bakteri dari kulit katak Indonesia *Sumaterana crassiovis* menunjukkan kemampuan antagonis tinggi dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. pada tanaman pisang (Stevanie, 2023) dan menghambat pertumbuhan *Colletotrichum* sp. pada biji dan buah cabai (Suri, 2023). Berdasarkan telaah artikel penelitian, potensi biokontrol

bakteri dari kulit katak endemik lainnya yaitu *R. catamitus* belum ada yang melaporkan sehingga perlu dikaji *cultivable* bakteri dari spesies katak ini sebagai biokontrol secara *in vitro* dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. penyebab penyakit *Fusarium wilt* pada tanaman pisang.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kemampuan antagonis isolat bakteri *indigenous* kulit katak *R.catamitus* dalam menghambat miselium fungi pathogen *Fusarium oxyporum* f. sp. *cubence*?
2. Bagaimana kemampuan antagonis bakteri *indegenous* kulit katak *R.catamitus* unggul dalam menghambat perkecambahan konidia *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubence* ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kemampuan antagonis isolat bakteri *indegenous* kulit katak *R.catamitus* dalam menghambat miselium fungi pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubence*
2. Mengetahui kemampuan antagonis bakteri *indegenous* kulit katak *R.catamitus* dalam menghambat perkecambahan konidia *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubence*

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai alternatif solusi mengenai potensi dari isolat bakteri kulit katak *R.catamitus* sebagai agensia biokontrol terhadap fitopatogen yang ramah lingkungan dalam sehingga penggunaan pestisida kimiawi dapat berkurang, dan memberikan informasi serta menambah wawasan mengenai potensi bakteri *indegenous* dari kulit katak *R.catamitus* sebagai agen biokontrol.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Isolat bakteri RcV2 dan RcV4 dari kulit katak *R. catamitus* menunjukkan sifat antifungi dalam menghambat pertumbuhan miselium *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubence*
2. Isolat bakteri RcV2 dan RcV4 dengan densitas (1×10^7 CFU/mL dan 1×10^8 CFU/mL) berpotensi dalam menghambat perkecambahan konidia FOC secara signifikan dibandingkan dengan kontrol.

B. Saran

Saran dari penelitian ini adalah :

1. Diperlukan penelitian mengenai senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh bakteri dalam menghambat *Fusarium* sp.
2. Diperlukan penelitian eksplorasi bakteri sebagai agen biokontrol pada jenis fungi patogen tanaman lainnya.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut dalam pengaplikasian secara in vivo bakteri unggul terhadap tanaman lainnya.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikary, S., Rahman, M., Kundu, M., Hosen, Md. A. E., & Hossain, Md. M. (2024). Fusarium Wilt of Banana: Challenges and Resilience. *OnLine Journal of Biological Sciences*, 24(4), 678–694. <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2024.678.694>
- Agha SI, Ullah M, Khan A, Jahan N, Ullah SM, Tabassum B, Parveen S, Rehmat Z, Hussain A, Ahmed S, Hamid Hamdard M. (2023). Biocontrol rhizobacteria enhances growth and yield of wheat (*Triticum aestivum*) under field conditions against *Fusarium oxysporum*. *Bioengineered*, 14(1), 1-14.
- Ajesh, B. R., Renukadevi, P., Saranya, N., Vidhyashri, N., Varanavasiappan, S., Vellaikumar, S., Ashraf, S., Haripriya, S., Raish, M., & Nakkeeran, S. (2025). Genome-wide exploration of beneficial *Bacillus subtilis* isolate from resistant banana cultivar Anaikomban towards the management of Fusarium wilt in banana. *Journal of Agriculture and Food Research*, 21, 101834. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101834>
- Ali, Md. A., Ahmed, T., Ibrahim, E., Rizwan, M., Chong, K. P., & Yong, J. W. H. (2024). A review on mechanisms and prospects of endophytic bacteria in biocontrol of plant pathogenic fungi and their plant growth-promoting activities. *Heliyon*, 10(11),1-16.
- Ali, S., Hameed, S., Shahid, M., Iqbal, M., Lazarovits, G., & Imran, A. (2020). Functional characterization of potential PGPR exhibiting broad-spectrum antifungal activity. *Microbiological Research*, 232, 126389,1-17 <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.126389>
- Amjad Ali, Yasir Iftikhar, Mustansar Mubeen, Haider Ali, Muhammad Ahmad Zeshan, Zohaib Asad, Muhammad Zafar-ul-Hye, Malik Abdul Rehman, Mazhar Abbas, Muhammad Rafique, Muhammad Usman Ghani. (2022). Antagonistic Potential of Bacterial Species against Fungal Plant Pathogens (FPP) and Their Role in Plant Growth Promotion (PGP): A Review. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 91(19), 1859-1877.
- Anith, K. N., Nysanth, N. S., & Natarajan, C. (2021). Novel and rapid agar plate methods for in vitro assessment of bacterial biocontrol isolates' antagonism against multiple fungal phytopathogens. *Letters in Applied Microbiology*, 73(2), 229–236.
- Anouk C. Van Westerhoven, Harold J. G. Meijer, Joost Houdijk, Einar Martinez de la Parte, Elie Luntadila Matabuana, Michel F. Seidl and Gert H.J. Kema. (2023). Dissemination of Fusarium Wilt of Banana in Mozambique Caused by *Fusarium odoratissimum* Tropical Race 4. *APS Publications*, 107(3), 628-632.
- Ayaz, Muhammad.,Li Cai-Hong., Ali, Qurban.,Zhao, Wei., Chi Yuan-Kai., Shafiq, Muhammad., Ali, Firman., Yu,Xi-Yue., Yu, Qing., Zhao, Jing-Tian, Yu, Jing-Wen., Qi, Ren-de., Huang,Wen-Kun. (2023). Bacteria and Fungal Biocontrol Agents for Plant Disease Protection: From Lab to Field, Current Status, Chalanges, and Global Perspektives. *Molecules*, 28(18), 1-24.

- Asril, M., Ohiwal, M., Bulawan, M., Lestari, W., Sari, A., Windriyati, R., Ramdan, E., Apriliyano, E. (2023). *Pengendalian Hayati*. Yayasan kita menulis: Medan.
- Assis, A., Barreto, C., Navas, C. (2017). Skin Microbiota in Frogs From the Brazilian Atlantic Forest: Species, Forest Type, and Potential against Pathogens. *Plos One*, 12(7), 1-17.
- Assis Brito de A, Dos Santos C, Dutra FP, de Oliveira Motta A, Costa FS, Navas CA, Magalhães BS, Barreto CC. (2016). Assessing Antibacterial Potential of Components of *Phyllomedusa distincta* Skin and its Associated Dermal Microbiota. *J Chem Ecol*, 42(2), 139-48.
- Bidabadi, S., Sijun, Zheng. (2018). Banana Fusarium Wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) Control and Resistance, in the Context of Developing Wilt-Resistance Bananas Within Sustainable Production Systems. *Horticultura Plant Journal*, 4(5), 208-218.
- Bonaterre, Anna., Badosa, Esther., Daranas., Frances, Rosello., Montesinos. (2022). Bacteria as Biocontrol Agents of Plant Diseases, *Microorganism MDPI*. 10(9), 1-17.
- Bubici, G., Kaushal, M., Prigigallo, M. I., Cabanás, C. G. L., & Mercado-Blanco, J. (2019). Biological control agents against *Fusarium* wilt of banana. *Frontiers in Microbiology*, 10(616), 1-33.
- Baron, E. M. D., Calimbo, V. L., Tanguanco, S., Young, C., Pelone, B., Ahinga, P., Lumangco, R., & Samaniego, L. G. A. (2018). Morpho-Biochemical characterization of cutaneous bacterial isolates of three endemic frogs from Mindanao Island, Philippines. *International Journal of Microbiology and Mycology (IJMM)*, 7(4), 35–40.
- Báez-Vallejo, N., Camarena-Pozos, D. A., Monribot-Villanueva, J. L., Ramírez-Vázquez, M., Carrión-Villarnovo, G. L., Guerrero-Analco, J. A., Partida-Martínez, L. P., & Reverchon, F. (2020). Forest tree associated bacteria for potential biological control of *Fusarium solani* and of *Fusarium kuroshium*, causal agent of *Fusarium* dieback. *Microbiological Research*, 235, 126440, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126440>
- Bosco, S., Prencipe, S., Mezzalama, M., & Spadaro, D. (2024). Screening and characterization of bacterial and fungal endophytes as potential biocontrol agents for rice seed dressing against *Fusarium fujikuroi*. *Biological Control*, 196, 105580, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2024.105580>
- Cevallos MA, Basanta MD, Bello-López E, Escobedo-Muñoz AS, González-Serrano FM, Nemec A, Romero-Contreras YJ, Serrano M, Rebollar EA. (2022). Genomic characterization of antifungal *Acinetobacter* bacteria isolated from the skin of the frogs *Agalychnis callidryas* and *Craugastor fitzingeri*. *FEMS Microbiol Ecol*, 98(12), 1-11.
- Chakrapani K, Chanu WT, Sinha B, Thangjam B, Hasan W, Devi KS, Chakma T, Phurailatpam S, Mishra LK, Singh GM, Khoyumthem P and Saini R. (2023). Deciphering growth abilities of *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* under variable temperature, pH and nitrogen. *Front. Microbiol.* 14:1228442, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1228442>

- Chen, Y., Zhou, D., Qi, D., Gao, Z., Xie, J., & Luo, Y. (2018). Growth promotion and disease suppression ability of a *Streptomyces* sp. CB-75 from banana rhizosphere soil. *Frontiers in Microbiology*, 8(JAN), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02704>
- Chu X, Zhang K, Wei H, Ma Z, Fu H, Miao P, Jiang H and Liu H. (2023). A Vis/NIR spectra-based approach for identifying bananas infected with *Colletotrichum musae*. *Frontiers in Plant Science*. 14:1180203, 1-14 <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1180203>
- Christian K, Weitzman C, Rose A, Kaestli M, Gibb K. (2018). Ecological patterns in the skin microbiota of frogs from tropical Australia. *Ecol Evol*, 8(21), 10510-10519.
- Das, Panchashree., Savani, K., Sen, Priyabrata. (2023). *Fusarium Wilt* in Banana: Unraveling Molecular Aspects of Host-pathogen Interaction and Resistance Mechanism. *International Journal of Plant Research*, 37(10), 1-11. <http://dx.doi.org/10.1007/s42535-023-00682-6>
- Dale, J., James, A., Paul, JY. *et al.* (2017). Transgenic Cavendish Bananas With Resistance to *Fusarium Wilt* tropical race 4. *Nature Communications*, 8:1496, 1-8 <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01670-6>
- Damasceno, C. L., Duarte, E. A. A., dos Santos, L. B. P. R., de Oliveira, T. A. S., de Jesus, F. N., de Oliveira, L. M., Góes-Neto, A., & Soares, A. C. F. (2019). Postharvest biocontrol of anthracnose in bananas by endophytic and soil rhizosphere bacteria associated with sisal (*Agave sisalana*) in Brazil. *Biological Control*, 137(3), 1-10.
- Damodaran T, Rajan S, Muthukumar M, Ram Gopal, Yadav K, Kumar S, Ahmad I, Kumari N, Mishra VK and Jha SK. (2020). Biological Management of Banana *Fusarium Wilt* Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 Using Antagonistic Fungal Isolate CSR-T-3 (*Trichoderma reesei*). *Front. Microbiol.* 11:595845, 1-19 <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1211301>
- Dita M, Barquero M, Heck D, Mizubuti ESG and Staver CP. (2018). *Fusarium Wilt* of Banana: Current Knowledge on Epidemiology and Research Needs Toward Sustainable Disease Management. *Front. Plant Sci.* 9:1468, 1-21 <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01468>
- Du C, Yang D, Ye Y, Pan L, Zhang J, Jiang S and Fu G. (2022). Construction of a compound microbial agent for biocontrol against *Fusarium wilt* of banana. *Frontiers in Microbiology*. 13:1066807, 1-17 <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1066807>
- Ekwomadu, T., Mwanza, Mulunda. (2023). *Fusarium Fungi Pathogens, Identification, Adverse Effects, Disease Management, and Global Food Security: A Review of the Latest Research*. *Agriculture*, 13:1810, 1-20 <https://doi.org/10.3390/agriculture13091810>
- Fan, H.; Li, S.; Zeng, L.; He, P.; Xu, S.; Bai, T.; Huang, Y.; Guo, Z.; Zheng, S.-J. (2021). Biological Control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 Using Natively Isolated *Bacillus* spp. YN0904 and YN1419. *Journal of Fungi*, 7(10), 1-17.

- Fan H, He P, Xu S, Li S, Wang Y, Zhang W, Li X, Shang H, Zeng L and Zheng S-J. (2023). Banana disease-suppressive soil drives *Bacillus* assembled to defense *Fusarium* wilt of banana. *Front. Microbiol.* 14:1211301, 1-11 <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1211301>
- Fuadi, I. (2012). Pemanfaatan agens hayati sebagai pengendali opt yang berwawasan lingkungan. Seminar UR-UKM Ke-7 2012 "Optimalisasi Riset Sains Dan Teknologi Dalam Pembangunan Berkelanjutan", Waage 1992, 1992–1994.
- Fei F, Wang T, Jiang Y, Chen X, Ma C, Zhou M, Wu Q, Cao P, Duan J, Chen T, Burrows JF, Wang L. (2023). A frog-derived antimicrobial peptide as a potential anti-biofilm agent in combating *Staphylococcus aureus* skin infection. *J Cell Mol Med*, 27(11), 1565–1579.
- Guo Q, Li S, Dong L, Su Z, Wang P, Liu X, Ma P. (2023). Screening Biocontrol Agents for Cash Crop *Fusarium* Wilt Based on Fusaric Acid Tolerance and Antagonistic Activity against *Fusarium oxysporum*. *Toxins (Basel)*, 15(6): 1-1
- Hamdani, K, Kiki., Susanto, Heru. (2020). Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Melalui Solarisasi Tanah. *Agrosaintek*, 4(2), 146-154.
- Hamidy, Amir., Kurniati, Hellen. (2015). A new species of tree frog genus *Rhacophorus* from Sumatra, Indonesia (Amphibia, Anura). *Zootaxa*, 3947 (1), 149-066.
- Harvey, M. B., Pemberton, A. J., & Smith, E. N. (2002). New and Poorly Known Parachuting Frogs (*Rhacophoridae*: *Rhacophorus*) from Sumatra and Java. *Herpetological Monographs*, 16, 46–92. <http://www.jstor.org/stable/1467032>
- Hamaoka, K., Aoki, Y., Suzuki, S. (2021). Isolation and Characterization of Endophyte *Bacillus velezensis* KOF112 from Grapevine Shoot Xylem as Biological Control Agent for Fungal Diseases. *Plants*, 10(9), 1-18. <https://doi.org/10.3390/plants10091815>
- Heirina, A., & Hendri, M. (2020). Isolasi dan aktivitas antibakteri jamur endofit pada mangrove *Sonneratia alba* dari Tanjung Carat Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(1), 16–24.
- Hong, Shan., Jv, Hongling., Lu, Ming., Wan, Beibei., Zhao, Yan., Ruan, Yunze. (2020). Significant decline in banana *Fusarium* wilt disease is associated with soil microbiome reconstruction under chilli pepper-banana rotation. *European Journal of Soil Biology*, 97: 101354, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2020.103154>
- Ibrahim, E., Nasser, R., Hafeez, R., Ogunyemi, S.O., Abdallah, Y., Khattak, A.A., Shou, L., Zhang, Y., Ahmed, T., Atef Hatamleh, A., et al. Biocontrol Efficacy of Endophyte *Pseudomonas poae* to Alleviate *Fusarium* Seedling Blight by Refining the Morpho-Physiological Attributes of Wheat. *Plants*, 12(12), 1-19.
- Ishak, I., Jumjunidang. (2024). Morphological Characterization and *Fusarium* Wilt Resistance of Triploid Banana Mutant Line (*Musa acuminata* Cola). *Journal of Agricultural Science*, 46(1), 121-133.

- Jing, T., Zhou, D., Zhang, M., Yun, T., Qi, D., Wei, Y., Chen, Y., Zang, X., Wang, W., & Xie, J. (2020). Newly Isolated *Streptomyces* sp. JBS5-6 as a Potential Biocontrol Agent to Control Banana Fusarium Wilt: Genome Sequencing and Secondary Metabolite Cluster Profiles. *Frontiers in Microbiology*, 11, 602591. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.602591>
- Kawicha, P., Nitayaros, J., Saman, P., Thaporn, S., Thanyasiriwat, T., Somtrakoon, K., Sangdee, K., & Sangdee, A. (2023). Evaluation of Soil *Streptomyces* spp. for the Biological Control of *Fusarium* Wilt Disease and Growth Promotion in Tomato and Banana. *Plant Pathology Journal*, 39(1), 108–122.
- Khan N, Martínez-Hidalgo P, Ice TA, Maymon M, Humm EA, Nejat N, Sanders ER, Kaplan D and Hirsch AM. (2018). Antifungal Activity of *Bacillus* Species Against *Fusarium* and Analysis of the Potential Mechanisms Used in Biocontrol. *Front. Microbiol*, 9:2363,1-12 diakses dari <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02363>
- Khalil MMR, Fierro-Coronado RA, Peñuelas-Rubio O, Villa-Lerma AG, Plascencia-Jatomea R, Félix-Gastélum R, Maldonado-Mendoza IE. (2021). Rhizospheric bacteria as potential biocontrol agents against *Fusarium* wilt and crown and root rot diseases in tomato. *Saudi J Biol Sci*, 28(12),7460-2471.
- Kurniati, H.,Mujino, N. (2020). Distribusi Geografi Jenis-Jenis Kodok Endemik Sumatra Berdasarkan Batas Administratif Provinsi dan Nilai Penting Wilayah Konservasi. *Jurnal Biologi Indonesia*, 16(2), 183-194.
- Karlina W, Tjong DH, Roesma DI, Alamsjah F, Fadil MS.(2022). Antimicrobial Activity of *Fejervarya* Skin Secretions (Anura: Dicroglossidae) in West Sumatra, Indonesia. *J Med Sci*, 10(A), 1188-1192.
- Krutmuang, P., Rajula, J., Pittarate, S., Chatima, C., Thungrabeab, M., Mekchay, S., & Senthil- Nathan, S. (2022). The inhibitory action of plant extracts on the mycelial growth of *Ascosphaera* apis, the causative agent of chalkbrood disease in Honey bee. *ToxicologyReports*,9,713–719. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2022.03.036>
- Lal, D., Dev, D., Kumari, S. et al. (2024). *Fusarium* wilt pandemic: current understanding and molecular perspectives. *Funct Integr Genomics*, 24(41),1-17. <https://doi.org/10.1007/s10142-024-01319-w>
- Langowski, J., Dodou, D., Kamperman, M. et al. (2018). Tree frog attachment: mechanisms, challenges, and perspectives. *Front Zool*, 15(32), 1-21.
- Li, Xiaojuan., Li, Kai., Zhou, Miaoyi., Qi, Dengfeng., Jing, Tao., Zang, Xiaoping., Qi, Chunlin., Wang, Wei., Xie. (2021). Biological control of banana wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* using *Streptomyces* sp. H4. *Biological control*, 155:1045424 <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104524>
- Maymon M, Sela N, Shpatz U, Galpaz N, Freeman S. (2020). The origin and current situation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in Israel and the Middle East. *Sci Rep*,10(1):1590. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58378-9>

- Mutnale, M.C., Reddy, G.S. & Vasudevan, K. (2021). Bacterial Community in the Skin Microbiome of Frogs in a Coldspot of *Chytridiomycosis* Infection. *Microbial Ecology*, 82(2), 554-558.
<https://doi.org/10.1007/s00248-020-01669-5>
- Mohite Pandurang., M. Kavino, S. Nakkeeran, M. Raveendran, R. Raghu, P. Irene Vethamoni, N. Saranya. (2024). Biohardening with endomicrobiome – A novel approach to develop *Fusarium* wilt resistance in banana (*Musa* spp.). *The Microbe*, 4:100109, 1-22.
<https://doi.org/10.1016/j.microb.2024.100109>
- McLaughlin, Michael S., Maria Roy, Pervaiz A. Abbasi, Odile Carisse, Svetlana N. Yurgel, and Shawkat Ali. 2023. Why Do We Need Alternative Methods For Fungal Disease Management in Plants ?. *Plants*, 12(22), 1-30.
<https://doi.org/10.3390/plants12223822>
- Nysanth, N., Sivapriya, S., Natarajan, C., Anith, K. (2022). Novel in vitro methods for simultaneous screening of two antagonistic bacteria against multiple fungal phytopathogens in a single agar plate. *3 Biotech*, 12(140), 1-7.
- Niederle MV, Bosch J, Ale CE, Nader-Macías ME, Aristimuño Ficoresco C, Toledo LF, *et al.* (2019). Skin-associated lactic acid bacteria from North American bullfrogs as potential control agents of *Batrachochytrium dendrobatidis*. *PLoS ONE*, 14(9), 1-23.
- Nava-González B, Suazo-Ortuño I, López PB, Maldonado-López Y, Lopez-Toledo L, Raggi L, Parra-Olea G, Alvarado-Díaz J, Gómez-Gil B. (2021). Inhibition of *Batrachochytrium dendrobatidis* Infection by Skin Bacterial Communities in Wild Amphibian Populations. *Microb Ecology*, 82(3), 1-11.
- Nguyen, T. B. H., Pensec, F., Mounier, J., Coton, M., Henri-Sanvoisin, A., Mouzaoui, M., & Picot, A. (2025). A Workflow for Sourcing and Characterizing Wheat Field Microorganisms for the Biocontrol of Fusarium Head Blight. *SSRN*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5187066>
- Okungbowa, F., Shittu, H. (2014). Fusarium Wilts: An Overview, *Environmental Research Journal*, 6(2), 83-102.
- Pant, B., Bai, T., Du, C., Baidya, S., Magar, P. B., Manandhar, S., Shrestha, J., Dita, M., Rouard, M., Fu, G., & Zheng, S.-J. (2023). Molecular Diagnosis and Vegetative Compatibility Group Analysis of Fusarium Wilt of Banana in Nepal. *Journal of Fungi*, 9(2), 208. <https://doi.org/10.3390/jof9020208>
- Pegg KG, Coates LM, O'Neill WT and Turner DW. (2019) .The Epidemiology of Fusarium Wilt of Banana. *Front. Plant Sci.* 10:1395, 1-19.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01395>
- Proença, D. N., Fasola, E., Lopes, I., & Morais, P. V. (2021). Characterization of the skin cultivable microbiota composition of the frog *pelophylax perezi* inhabiting different environments. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 1–13.
- Raman T, Edwin Raj E, Muthukathan G, Loganathan M, Periyasamy P, Natesh M, Manivasakan P, Kotteeswaran S, Rajendran S, Subbaraya U. (2021). Comparative Whole- Genome Sequence Analyses of Fusarium Wilt Pathogen (*Foc* R1, STR4 and TR4) Infecting Cavendish (AAA)

- Bananas in India, with a Special Emphasis on Pathogenicity Mechanisms. *J Fungi (Basel)*, 7(9), 1-19.
- Qi, D., Zou, L., Zhou, D., Zhang, M., Wei, Y., Zhang, L., Xie, J., & Wang, W. (2021). Identification and Antifungal Mechanism of a Novel Actinobacterium *Streptomyces huiliensis* sp. nov. Against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 of Banana. *Frontiers in microbiology*, 12, 722661, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.722661>
- Rebollar EA, Gutiérrez-Preciado A, Noecker C, Eng A, Hughey MC, Medina D, Walke JB, Borenstein E, Jensen RV, Belden LK and Harris RN. (2018). The Skin Microbiome of the Neotropical Frog *Craugastor fitzingeri*: Inferring Potential Bacterial-Host-Pathogen Interactions From Metagenomic Data. *Front. Microbiol*, 9:466, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00466>
- Rahman, M. ., Kadir, J., Mahmud, T. M. ., Rahman, R. A., & Begum, M. . (2007). Screening of antagonist bacteria for biocontrol activities on *Colletotrichum gloeosporioides* in Papaya, 6(1), 12-20
- Romero-Contreras YJ, González-Serrano F, Bello-López E, Formey D, Aragón W, Cevallos MÁ, Rebollar EA, Serrano M. (2024). Bacteria from the skin of amphibians promote growth of *Arabidopsis thaliana* and *Solanum lycopersicum* by modifying hormone-related transcriptome response. *Plant Mol Biol*, 114(3):39. <https://doi.org/10.1007/s11103-024-01444-x>
- Siahaan, K., Dewi, S, Bainah., Darmawan, A. (2019). Keanekaragaman Amfibi Ordo Anura di Blok Perlindungan dan Blok Pemanfaatan Hutan Pendidikan Konservasi Terpadu, Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman. *Jurnal Syifa Lestari*. 7(3), 370-378.
- 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.
- Streicher, J. W., Hamidy, A., Harvey, M. B., Anders, B., Shaney, K. J., Kurniawan, N., & Smith, R. N. (2014). Mitochondrial DNA reveals a new species of parachuting frog (Rhacophoridae: Rhacophorus) from Sumatra. *Zootaxa*, 3878(4), 351–365.
- Stevanie, A. (2023). Aplikasi Bakteri Indigenous Dari Kulit Katak *Sumateranacrassiovis* Sebagai Agensi Biokontrol Fungi Patogen *Fusarium* sp. Pada Tanaman Pisang.[Skripsi]. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Stenberg, Johan., Sundh, Ingvar., Becher., Bjorkman, Christer., Debey., Egan, Friberg, Gill., Jansen., Jasson., Karlsson., Khalil, Ninkovic, Rehman, Ventukuri, Viketoft. (2021). What is it Biological Control ? A Framework of Definitions, Mechanisms, and Classification, *Journal of Pest Science*, 94(1), 665-676. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01354-7>
- 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 (August 2020), 104498, 1-14.
- Susilawati, L., Sari, P. A., Maulana, S., & Purnomo, E. . (2023). *Jurnal Biologi Udayana*. 27, 1–13

- Suri, A.D. (2023). Aktivitas Biokontrol Bakteri Yang Diisolasi Dari Katak *Sumaterana crassiovis* Terhadap *Colletotrichum* sp. Penyebab Penyakit Antraknosa Pada Cabai. [Skripsi]. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Suganda, T., Rizqullah, A., Widiyanti, F. (2023). Ekstrak Air Biji Adas (*Foeniculum vulgare* Mill.) Efektif Menekan Jamur *Colletotrichum* sp., Penyebab Penyakit Antraknosa Cabai dalam Uji *In-Vitro*. *Jurnal Agrikultura*, 34(2). 228-236.
- Sun, D., Herath, J., Zhou, S., Ellepola, G., Meegaskumbura, M. (2023). Associations of *Batrachochytrium dendrobatidis* with skin bacteria and fungi on Asian amphibian hosts. *ISME Communications*, 3(1), 1-10.
- Shafi, Z., Ilyas, T., Shahid, M., Vishwakarma, S., Malviya, D., Yadav, B., Sahu, P., Singh, U., Rai, J., Singh, H., Singh, H.V. (2023). *Microbial Management of Fusarium Wilt in Banana: A Comprehensive Overview* 17. Detection, Diagnosis and Management of Soil-Borne Phytopathogens, 413-434. http://dx.doi.org/10.1007/978-981-19-8307-8_17
- Suhyana, Jajang., Artika, M., Safari, D. (2015). Activity of Skin Secretions of Frog *Fejervarya limnocharis* and *Limnonectes macrodon* against *Streptococcus pneumoniae* Multidrug Resistant and Molecular Analysis of Species *F. limnocharis*. *Current Biochemistry*, 2(2), 90-103.
- Solórzano, R., Ramírez Maguiña, H. A., Johnson, L., Ureta Sierra, C., & Cruz, J. (2025). Current Progress in Microbial Biocontrol of Banana Fusarium Wilt: A Systematic Review. *Agronomy*, 15(3), 619. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030619>
- Tariq, M., Khan, A., Asif, M., Khan, F., Ansari, T., Shariq, M., & Siddiqui, M. A. (2020). Biological control: a sustainable and practical approach for plant disease management. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 70(6), 507–524. <https://doi.org/10.1080/09064710.2020.1784262>
- Wisnujati, Nugrahini., Sugadji, Suwandi. (2021). Pengelolaan Penggunaan Pestisida Dalam Mendukung Pembangunan Berkelanjutan Di Indonesia. *SEPA*, 18(1), 92-100.
- Widyantoro, Arief., Hadiwiyono., Subagiya. (2020). Short Communication: Biological control of *Fusarium* Wilt on Banana Plants Using Biofertilizers. *Biodiversitas*, 21(5), 2119- 2123.
- Wang J, Cai B, Li K, Zhao Y, Li C, Liu S, Xiang D, Zhang L, Xie J, Wang W. (2022). Biological Control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 in Banana Plantlets Using Newly Isolated *Streptomyces* sp. WHL7 from Marine Soft Coral. *Plant Dis*, 106(1), 254-259.
- Xu Z, Wang M, Du J, Huang T, Liu J, Dong T, Chen Y. (2020). Isolation of *Burkholderia* sp. HQB-1, A Promising Biocontrol Bacteria to Protect Banana Against Fusarium Wilt Through Phenazine-1-Carboxylic Acid Secretion. *Front Microbiol*, 11:605152. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.605152>
- Zhang, L., Cenci, A., Rouard, M. et al. (2019). Transcriptomic analysis of resistant and susceptible banana corms in response to infection by *Fusarium*

- oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4. *Sci Rep*, **9**: 8199, 1-14
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-44637-x>
- Zhu, Z., Wu, G., Deng, R. Hu, X., Tan, H., Chen, Y., Tian, Z., Li, J. (2023). Spatiotemporal biocontrol and rhizosphere microbiome analysis of *Fusarium* wilt of banana. *Commun Biol*, 6(27), 1-10.
- ZOU, Dongmei., JIANG, Changshun., FAN, Qiong. (2022). Present Situation of World Banana Production and Trade and Its Industrial Prospect. *Asian Agriculture Research*, 14(12), 1-6.
- Zou N, Zhou D, Chen Y, Lin P, Chen Y, Wang W, Xie J and Wang M. (2021). A Novel Antifungal Actinomycete *Streptomyces* sp. Strain H3-2 Effectively Controls Banana *Fusarium* Wilt. *Front. Microbiol.* 12:706647, 1-13.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.706647>
- Živković, S., Stojanović, S., Ivanović, Ž., Gavrilović, V., Popović, T., and Balaž, J. (2010). Screening of antagonistic activity of microorganisms against *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides*. *Biol. Sci*, 62, 611–623. <https://doi.org/doi:10.2298/ABS1003611Z> *Conflic*