AKTIVITAS BIOKONTROL BAKTERI ASAM LAKTAT ASAL MAKANAN FERMENTASI IKAN PEDE TERHADAP *Phytopthora* sp. PENYEBAB BUSUK BUAH PADA TANAMAN KAKAO (*Theobroma cacao* L.)

SKRIPSI

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

Disusun oleh:

Devi Puspitasari

22106040060

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

LABORATORIUM MIKROBIOLOGI
PRODI 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-2378/Un.02/DST/PP.00.9/09/2026

Tugas Akhir dengan judul : AKTIVITAS BIOKONTROL BAKTERI ASAM LAKTAT ASAL MAKANAN FERMENTASI IKAN PEDE TERHADAP Phytopthora sp. PENYEBAB BUSUK BUAH PADA TANAMAN KAKAO (Theobroma Cacao L.)

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : DEVI PUSPITASARI
Nomor Induk Mahasiswa : 22106040060
Telah diujikan pada : Jumat, 28 Agustus 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: 6ab4962ab71b3

Penguji I

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

Valid ID: 6aa94af693325

Penguji II

Agessty Ika Nurlita, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6ab0a0965baa2

Yogyakarta, 28 Agustus 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

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

Valid ID: 6ab64ea88e24e

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI

Hal : Surat Persetujuan Skripsi Sarjana

Lamp : -

Kepada: Yth. Ketua Program Studi Dr. Ika Nugraheni Ari Martiwi , M.Si
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta di tempat

Assalamua'alaikum Wr. Wb

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, kami sebagai pembimbing internal menyatakan bahwa skripsi sarjana mahasiswa atas nama:

Nama	: Devi Puspitasari
NIM	: 22106040060
Tanggal daftar	: 13 Agustus 2026
Judul skripsi	: Aktivitas Biokontrol Bakteri Asam Laktat Asal Makanan Fermentasi Ikan Pede terhadap *Phytopthora* sp. Penyebab Busuk Buah pada Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Dapat diajukan ke Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Ilmu Biologi, sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana.

Bersama dengan surat ini, kami berharap skripsi/proyek akhir sarjana atas nama mahasiswa tersebut dapat segera diperiksa. Terima kasih atas perhatian Anda.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 12 Agustus 2026
Pembimbing

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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Devi Puspitasari

NIM : 22106040060

Program Studi : Biologi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Aktivitas Biokontrol Bakteri Asam Laktat Asal Makanan Fermentasi Ikan Pede terhadap *Phytopthora* sp. Penyebab Busuk Buah pada Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 11 Agustus 2026

Penulis



Devi Puspitasari

22106040060

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

وَاِذَا قِيْلَ انْشُزُوْا فَانْشُزُوْا يَرْفَعِ اللّٰهُ الَّذِيْنَ اٰمَنُوْا مِنْكُمْۙ وَالَّذِيْنَ اُوْتُوا الْعِلْمَ دَرَجٰتٍۗ وَاللّٰهُ بِمَا تَعْمَلُوْنَ خَبِيْرٌ

“Niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan”

(Q.S. Al-Mujadilah: 11)

“Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar, maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan”

(Imam Syafi’i)

"Bukan karena saya sangat cerdas, hanya saja saya bertahan dengan masalah lebih lama daripada orang lain."

(Albert Einstein)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Bismillahirraahmanirrahim,

Alhamdulillahirabbilalamin, puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Aktivitas Biokontrol Bakteri Asam Laktat Asal Makanan Fermentasi Ikan Pede terhadap *Phytopthora* sp. Penyebab Busuk Buah pada Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)" dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang selalu menjadi teladan bagi umat manusia. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang S-1 Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Keberhasilan penulis dalam melewati setiap fase dalam penulisan naskah skripsi ini tidak luput dari uluran tangan, bimbingan, energi positif, dan doa dari beberapa pihak. Oleh karena itu, dengan segala ketulusan hati, penulis menyampaikan 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 skripsi yang dengan penuh kesabaran telah mendampingi penulis dalam proses penulisan skripsi. Terima kasih yang tak terhingga atas kepercayaan beliau dalam memberikan izin penggunaan Bakteri BALP2 dan BALP5 untuk skripsi ini, serta atas segala waktu, koreksi berharga, dan bimbingan penuh makna yang senantiasa diberikan sejak tahap proposal hingga naskah skripsi ini selesai.
4. Seluruh jajaran dosen dan tenaga pendidik Program Studi Biologi UIN Sunan Kalijaga.
5. Alm. Bapak Driyo mustofa dan Ibu Sugiyem selaku orang tua penulis yang merupakan sumber kekuatan, motivasi, inspirasi, dan jangkar emosional terbesar dalam hidup penulis. Terima kasih atas setiap untaian doa dan harap

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

yang Bapak bisikan kepada Allah dan Ibu langitkan, kasih sayang yang tulus, serta pengorbanan yang tak terbatas. Skripsi dan gelar sarjana ini merupakan persembahan kecil dari penulis atas segala peluh, kesabaran, dan dukungan yang Bapak dan Ibu berikan.

6. Kakak penulis, Rini Setiowati yang selalu memberikan semangat, do'a dan dukungan kepada penulis.
7. Nenek penulis, Kasmiaten yang selalu melangitkan do'a dan memberikan dukungan kepada penulis.
8. Abah K.H Munir Syafa'at dan Ibu H. Barokah Nawawi yang senantiasa mendo'akan penulis.
9. Teman seperjuangan, Biologi UIN Sunan Kalijaga angkatan 2022 serta teman satu bimbingan di bawah arahan Ibu Lela yang telah menjadi rekan diskusi yang luar biasa sepanjang penyusunan tugas akhir ini.
10. Teman seperjuangan di pondok Nurul Ummah Putri yang senantiasa memberikan semangat dan do'a

Sebagai penutup, penulis menyadari bahwa 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 skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 11 Agustus 2026



Devi Puspitasari

Aktivitas Biokontrol Bakteri Asam Laktat Asal Makanan Fermentasi Ikan Pede terhadap *Phytopthora* sp. Penyebab Busuk Buah pada Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Devi Puspitasari
22106040060

ABSTRAK

Penyakit busuk buah kakao akibat infeksi *Phytopthora* sp. telah menyebabkan kerugian besar di berbagai negara penghasil kakao termasuk Indonesia. Penanggulangan penyakit ini dengan fungisida sintetis secara berlebihan menimbulan resistensi fungi. Salah satu alternatif pengendaliannya adalah dengan pemanfaatan agensia biokontrol, seperti bakteri asam laktat (BAL). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan isolat BAL asal makanan fermentasi ikan pede dalam menghambat pertumbuhan *Phytopthora* sp. melalui pengujian secara *in vitro* dan *in vivo.* Dua isolat BAL uji yaitu BALP2 dan BALP5 menunjukkan aktivitas antagonistik tinggi terhadap fungi *Phytopthora* sp. (PhK) melalui *dual culture methode* dibandingkan kontrol (39,65 mm) dengan rerata radial fungi masing-masing 19,61 mm dan 20,88 mm. Isolat BALP2 (1×10^7 CFU/mL) menunjukkan penghambatan miselium fungi PhK tertinggi (19,25 mm) dibandingkan dengan BALP5 (26,25) dan kontrol (39,87). Perlakuan menggunakan BALP2 secara signifikan efektif menghambat serangan fungi PhK secara *in vivo* dengan persentase keparahan penyakit paling rendah (20%) dibandingkan BALP5 (40%) dan kontrol (35%). Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa isolat BAL asal fermentasi ikan pede potensial dimanfaatkan lebih lanjut sebagai agensia biokontrol fungi *Phytopthora*sp. penyebab busuk buah kakao.

Kata kunci : BAL, Biokontrol, Busuk buah kakao, *Phytopthora* sp.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Biocontrol Activity of Lactic Acid Bacteria from Fermented Fish (Pede) against *Phytopthora* sp. the Cause of Fruit Rot in Cacao (*Theobroma cacao* L.)

Devi Puspitasari
22106040060

ABSTRACT

Cacao pod rot caused by *Phytopthora* sp. infection has resulted in significant losses across various cocoa-producing countries, including Indonesia. Excessive use of synthetic fungicides to manage this disease has led to fungal resistance. One alternative control strategy is the use of biocontrol agents, such as lactic acid bacteria (LAB). This study aimed to analyze the ability of LAB isolates derived from pede (fermented fish) to inhibit the growth of *Phytopthora* sp. through *in vitro* and *in vivo* assays. Two test isolates, BALP2 and BALP5, demonstrated high antagonistic activity against the fungus *Phytopthora* sp. (PhK) in *dual-culture* assays compared to the control (39.65 mm), with mean fungal radial growth of 19.61 mm and 20.88 mm, respectively. Isolate BALP2 exhibited the highest inhibition of PhK mycelial growth (19.25 mm) compared to BALP5 (26.25 mm) and the control (39.87 mm). The combination of PhK and BALP2 was significantly effective in inhibiting PhK fungal infection *in vivo*, resulting in the lowest disease severity (20%) compared to BALP5 (40%) and the control (35%). These findings indicate that LAB isolates from fermented pede fish have the potential to be further utilized as biocontrol agents against the PhK fungus responsible for cacao pod rot.

Keywords: Biocontrol, Cacao fruit rot, *Phytopthora* sp., LAB

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI iii
MOTTO iv
KATA PENGANTAR v
ABSTRAK vii
ABSTRACT viii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 4
C. Tujuan Penelitian 4
D. Manfaat Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
A. Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) dan Nilai Ekonomisnya 6
B. Penyakit Busuk Buah Kakao Akibat *Phytopthora* sp. 7
C. Potensi BAL sebagai Agensia Biokontrol Fungi *panthogen Phytopthora* sp. 10
BAB III METODE PENELITIAN 12
A. Waktu dan Lokasi Penelitian 12
B. Alat dan Bahan 12
C. Rancangan Penelitian 12
D. Prosedur Kerja 13
1. Peremajaan BALP2 dan BALP5 13
2. Karakterisasi BALP2 dan BALP5 Asal Makanan Fermentasi Ikan Pede Hasil *re-culture* 13
3. Isolasi fungi *Phytopthora* sp. 14
4. Karakterisasi Fungi PhK 14
5. Uji *Postulat Koch* 15
6. *Screening* BAL Unggul Berdasarkan Uji Antagonis Dengan Metode

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Dual Culture 17
7. Uji Penghambatan Miselium Isolat PhK oleh BALP2 dan BALP5..... 18
8. Pengamatan Morfologi Abnormalitas Miselium Phk menggunakan Metode *Slide Culture* 18
9. Uji Antagonis BALP2 dan BALP5 Asal Makanan Fermentasi Ikan Pede terhadap Fungi Patogen PhK secara *In-Vivo* 18
10. Analisis Data 19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 20
A. Hasil 20
B. Pembahasan 29
BAB V PENUTUP..... 34
A. Kesimpulan 34
B. Saran 34
DAFTAR PUSTAKA 35
LAMPIRAN..... 40

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1: Buah kakao sehat dan terinfeksi Phytopthora sp. (A) Buah kakao sehat, (B) Buah kakao sakit yang menunjukkan gejala adanya bercak kecil hitam/kecoklatan (1) dan bercak yang menyebar setelah 8-10 hari infeksi (2) (Leiwakabessy et al., 2020) 8

Gambar 2: Siklus infeksi Phytophthora sp. pada tanaman kakao. Siklus infeksi dimulai dari penyebaran spora melalui media angin, hujan, atau manusia yang berasal dari buah mumi (mummified pods) pada kondisi kelembapan < 75%. Proses kritis terjadi pada fase germinasi dan inisiasi infeksi pada buah sehat yang membutuhkan kelembapan tinggi (> 90%), diikuti oleh fase biotrofik/laten (patogen menginfeksi namun tidak menimbulkan efek pada buah kakao dan menjaga inang tetap hidup) selama 45–90 hari. Tahap akhir ditandai dengan pertumbuhan nekrotrofik (patogen mulai mengeluarkan toksin atau enzim lisis yang mematikan buah kakao) dan sporulasi cepat (7 hari) yang mengubah buah menjadi sumber inokulum baru (Jiménez et al., 2022). 9

Gambar 3: Skema uji aktivitas antagonis isolat BAL asal makanan fermentasi ikan pede terhadap Phytophthora sp. secara In-Vitro. R1 (Kontrol). R2 dan BAL merupakan uji interaksi dua kultur dalam satu cawan petri. Isolat BAL diletakkan dengan isolat Phytophthora sp. dengan jarak standar 2 cm. 17

Gambar 4: Hasil Re-culture isolat bakteri pada media MRSA + CaCO3 1%, umur 48 jam diinkubasi pada suhu ruang (A) isolat BALP2 (B) isolat BALP5. 20

Gambar 5: Koloni tunggal BAL umur 48 jam yang diamati dengan mikroskop stereo perbesaran 40× 10 (A) Isolat BALP2 (B) Isolat BALP5..... 20

Gambar 6: Hasil pewarnaan Gram perbesaran 40×10 (A) isolat BALP2 (B) isolat BALP5 setelah inkubasi selama 48 jam pada suhu 28∘C. 21

Gambar 7: Hasil Isolasi fungi PhK penyebab busuk buah kakao umur 7 hari inkubasi suhu 28∘C., (A) Tampak atas, (B) Tampak bawah. 22

Gambar 8: Karakter morfologi isolat Phk: (A) morfologi koloni umur 7 hari diinkubasi pada media PDA di suhu ruang ; (B) As; Hifa aseptat, (C) Klamidospora, (D) P; papila pada ujung klamidospora, Z; zoospora dalam sporangia (Perbesaran 40 x 10). 22

Gambar 9: Hasil uji Postulat Koch pada buah kakao umur 3 bulan (a) Perlakuan kontrol (15 mL akuades steril), (B) Perlakuan fungi PhK (Densitas 1 x 10^6) Hari ke 7 pada kondisi gelap..... 23

Gambar 10: Reisolasi fungi PhK dari buah kakao setelah 7 hari diinfeksi PhK pada media PDA umur 7 hari : A) Fungi umur 7 hari ; B) Klamidospora ; C) Hifa Aseptat ; D) P; papila pada ujung klamidospora, Z; zoospora dalam klamidospora. 24

Gambar 11: Reisolasi fungi PhK Hasil uji antagonis dengan metode dual culture BALP2 dan BALP5 terhadap fungi PhK (A) Penampakan hasil uji antagonis BALP2 dan BALP5 pada media MRSA + CaCO3 1% inkubasi selama 7 hari suhu ± 28°C (B) Hasil uji antagonis BALP2 dan BAL5 pada media MRSA + $CaCO_3$ 1% inkubasi selama 7 hari suhu ±

28°C (B) Hasil uji antagonis BALP2 dan BALP5 terhadap *Phytopthora*sp., PhK (± standard error, SE, n=3). Tanda bintang menunjukkan tingkat signifikansi (*P< 0,05 **Sangat Signifikan dengan tingkat kesalahan 1%, p< 0,01 ***Sangat Signifikan dengan tingkat kesalahan, p< 0,001..... 25

Gambar 12: Hasil uji penghambatan miselium fungi PhK oleh isolat bakteri BALP2 dan BALP5 dengan densitas berbeda (A) Hasil uji hambat miselium PhK terhadap isolat bakteri BALP2 dan BALP5 pada media PDA setelah 7 hari inkubasi suhu ± 28°C (B) Hasil uji hambat bakteri BALP2 dan BALP5 pada media PDA setelah 7 hari inkubasi suhu ± 28°C (B) Hasil uji hambat bakteri BALP2 dan BALP5 (1×10^5, 1×10^6, dan 1×10^7 CFU/mL) terhadap fungi PhC (± *standard error*, SE, n = 3). Tanda bintang menunjukkan tingkat signifikasi (*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001) dengan uji T. 26

Gambar 13: Morfologi hifa PhK pasca perlakuan dengan isolat BALP2 dan BALP5 menggunakan metode slide culture pada media PDA setelah 7 hari inkubasi suhu ± 28°C perbesaran 40 x 10 (A) PhK+BALP2 (B) PhK+BALP5 (C) kontrol. Pada ke-dua perlakuan terdeteksi adanya abnormalitas pada hifa, klamidospora dan sporangia fungi jika dibandingkan pada kontrol. Keterangan fr : fragmented (terpotong), ly : lysis 27

Gambar 14: **A)** Hasil uji *in-vivo* pada buah kakao umur 3 bulan yang diamati pada hari ke-7 setelah inokulasi ; A) PhK (1×10^6) ; B) BALP2 (1×10^6) ; C) BALP2 (1×10^7) ; D) BALP5 (1×10^6) ; E) BALP5 (1×10^7) ; F) PhK + Ridomil gold 2% ; G) PhK + BALP2 (1×10^6) ; H) PhK + BALP2 (1×10^7) ; I) PhK + BALP5 (1×10^6) ; J) PhK + BALP5 (1×10^7). **B)** Presentase keparahan penyakit pada buah kakao setelah diberi perlakuan BALP2 dan BALP5. (± standard error, SE, n=3). Tanda bintang menunjukkan tingkat signifikansi (*P< 0,05 **Sangat Signifikan dengan tingkat kesalahan 1%, p< 0,01 ***Sangat Signifikan dengan tingkat kesalahan, p< 0,001 28

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 1: Penentuan skor serangan penyakit pada buah kakao yang disebabkan oleh isolat fungi Phytopthora sp. 16
Tabel 2: Profil matching karakter isolat BALP2 dan BALP5 dengan isolat acuan penelitian sebelumnya (Nurhamidah et al., 2019) 21
Tabel 3: Profil matching fungi patogen isolat PhK (Phytopthoradari kakao) dibandingkan dengan isolat Phytopthora palmivora hasil penelitian (Motulo et al., 2007) dan (Afriati et al., 2019) 23
Tabel 4: Hasil uji antagonis dua isolat BAL terhadap pertumbuhan fungi isolat PhK menggunakan metode dual culture inkubasi 7 hari pada suhu ± 28∘C... 25

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kakao (*Theobroma cacao* L.) memiliki peranan penting sebagai komoditas perkebunan subsektor pertanian, karena kakao termasuk ke dalam salah satu komoditi ekspor tertinggi di Indonesia, sehingga dapat meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan petani, mendukung pertanian di Indonesia menjadi lebih maju, menciptakan lapangan kerja bagi petani dan penyumbang devisa negara sebesar 1,24 miliar (Izzatin et al., 2023). Pada tahun 2017, Indonesia merupakan negara produsen kakao terbesar ke 3 di dunia setelah Ghana dan Pantai Gading serta menjadi produsen kakao terbesar di Asia (Augustin et al., 2022) .

Pada tahun 2023 terjadi penurunan volume ekspor kakao, dimana volume ekspor kakao hanya mencapai 339,99 ribu ton dengan nilai sebesar US$ 1,197,70 juta (Solimah et al., 2024). Penurunan volume ekspor kakao di Indonesia salah satunya disebabkan oleh rendahnya produksi tanaman kakao. Berdasarkan statistik Indonesia, produksi tanaman kakao mengalami penurunan dari tahun 2018-2023. Penurunan produksi kakao tersebut menurun dari total produksi 767.280 menjadi 632.117. Penurunan produksi kakao dari tahun 2018-2023 dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, seperti adanya serangan penyakit pada kakao. Salah satu penyakit yang menyerang kakao adalah penyakit busuk buah akibat fungi patogen *Phytopthora* sp. (Hahuly et al., 2022).

Data statistik nasional menyatakan bahwa penyakit busuk buah kakao akibat *Phytopthora* sp. dapat menurunkan produksi kakao sebesar 20-40% dan dapat meningkatkan kerugian hingga 100% di daerah yang memiliki curah hujan serta kelembapan yang tinggi (Hidayah et al., 2022). Selain di Indonesia, *Phytopthora* sp. juga memberikan dampak kerugian produksi kakao di berbagai negara lainnya seperti di Ghana dan di Puerto Rico. Produksi kakao di Ghana mengalami kerugian sebesar 60-100% akibat serangan fungi patogen *Phytopthora* sp. yang menyebabkan busuk buah pada buah kakao. Puig (2023) di Puerto Rico melaporkan bahwa *Phytopthora* sp. mengakibatkan kerugian hingga mencapai 40% dari hasil panen. Selain itu *Phytopthora* sp. juga mengakibatkan kematian pada buah kakao

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

setiap tahunnya mencapai 10% (Puig, 2023).

Upaya yang dapat dilakukan untuk menekan serangan mikroba patogen *Phytopthora* sp. pada tanaman kakao yaitu dengan pemberian fungisida kimia pada tanaman. Namun, penggunaan fungisida kimia secara berkelanjutan akan menimbulkan dampak negatif seperti adanya resistensi patogen, pencemaran udara, tanah, dan gangguan kesehatan pada manusia (Khulillah et al., 2019).Oleh karena itu, perlu dilakukan inovasi baru untuk menekan adanya serangan fungi patogen *Phytopthora* sp. yang ramah lingkungan, yaitu dengan menggunakan biokontrol (Miranda et al., 2022). Biokontrol merupakan metode yang dapat digunakan dalam upaya pengendalian hayati yang ramah lingkungan, efektif, ekonomis dan bekerja sesuai target yang diinginkan, sehingga tidak menimbulkan dampat negatif bagi lingkungan maupun manusia (Miranda et al., 2022). Meskipun memiliki berbagai keunggulan, penggunaan agen biokontrol juga memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya efektivitas yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, proses kerja yang cenderung lebih lambat dalam menekan patogen, rentang inang yang spesifik, serta masa simpan produk yang relatif pendek karena berbasis organisme hidup. Namun, upaya dalam mengeksplorasi agensia hayati perlu dilakukan untuk mengatasi tantangan serta memperluas alternatif pengendalian hayati yang berkelanjutan (Gea & Lase, 2024)

Agen biokontrol dapat ditemukan dari berbagai sumber seperti tanah, laut, maupun makhluk hidup (Gokul et al., 2023).Pada penelitian ini agen biokontrol yang digunakan adalah bakteri asam laktat (BAL) yang berasal dari makanan fermentasi ikan Pede. Makanan fermentasi ikan pede merupakan produk khas Banyuasin yang berbahan dasar ikan gabus yang difermentasi secara spontan tanpa menggunakan starter. Penggunaan BAL ini dikarenakan pada proses fermentasi makanan yang menggunakan susbtrat ikan mengandung protein yang kompleks dan kaya akan nutrisi sehingga membantu proses pertumbuhan BAL dengan baik. Selama proses fermentasi berlangsung, BAL akan menguraikan protein kompleks secara enzimatis (Sine, 2023).

Penggunaan BAL sebagai agen biokontrol dikarenakan BAL merupakan mikroorganisme yang dapat dikategorikan sebagai *generally recognized as safe*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

(GRAS) yang aman bagi kesehatan manusia dan bersifat non patogen, sehingga BAL memiliki potensi besar sebagai biopreservatif dan antifungi (Natasia et al., 2020). Beberapa produk hasil metabolisme BAL yang memiliki kemampuan sebagai antibakteri dan antifungi yaitu asam organik (asam laktat, asam asetat), *hidrogen peroksida*, *diacetyl*, *acetaldehyde*, dan bakteriosin. Senyawa-senyawa tersebut dapat digunakan sebagai agen anti- *Phytopthora* sp. yang berperan dalam mencegah pertumbuhan fungi patogen penyebab infeksi busuk buah pada kakao (Dewi et al., 2022).

Berdasarkan Husain *et al.* (2017), senyawa antifungi yang dimiliki oleh BAL genus *Lactobacillus acidophilus* mampu menghambat pertumbuhan beberapa spesies fungi *Fusarium* sp. yang diisolasi dari biji, daun hingga buah tanaman cabai. Penelitian Yoo Ah (2016) juga menunjukkan bahwa salah satu BAL yaitu *Lactobacillus zeae* mampu menghambat pertumbuhan fungi patogen pada tanaman yaitu *Rhizoctonia solani* yang menyebabkan rebah kecambah pada bibit, busuk akar, busuk batang, dan kanker batang, serta hawar pelepah pada padi. Fungi *Rhizoctonia solani* mampu menyerang berbagai tanaman penting Indonesia seperti kopi, jagung, kedelai, kentang dan juga sayuran. Selain itu, Wang *et al.*, (2012) dalam penelitiannya menyatakan bahwa *Lactobacillus plantarum* mampu menghambat beberapa fungi patogen pada tanaman seperti *Fusarium oxysporum* dan *Phytopthora* (Hardianti, 2018). Penelitian Gwiazdowski *et al.*, (2023) melaporkan kemampuan antifungi BAL secara *in vivo* dan *in vitro* yang berasal dari silase jagung *Tilletia caries* penyebab busuk daun pada gandum, *Urocystis occulta* penyebab karat batang pada gandum hitam dan *Rhizoctonia solani* penyebab busuk akar atau batang pada tanaman budidaya.

Raman *et al.*, (2022) melaporkan bahwa metabolit sekunder BAL *Lactobacillus pentosus* berupa asam fenillaktat, asam benzoat, asam kafeik, asam p-kumarat dan asam lemak 3 hidroksil memiliki aktivitas antifungi terhadap fungi *Aspergillus* dan *Penicillium*. Efektivitas BAL sebagai agen biokontrol telah dibuktikan oleh beberapa penelitian, diantaranya penelitian Natasia *et al.*, (2020) yang menunjukkan bahwa BAL dari saluran percernaan ayam kampung (Bub 3, Bub 4 dan NNB) mampu menghambat pertumbuhan *Aspergillus flavus* dengan

presentase hambat 53% dan Yudiawati *et al* (2022) melaporkan bahwa BAL yang berasal dari dadih (BAL 1, BAL 2, dan BAL3) mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium oxyporum* yang ditandai dengan terbentuknya zona hambat sebesar 9,10 mm, 8,30mm dan 7,33 mm. Penelitian yang dilakukan oleh Sabila (2024) terdapat lima isolat BAL yang berhasil diisolasi dari makanan fermentasi ikan pede yaitu BALP1, BALP2, BALP3, BALP4 dan BALP5, kemudian dilakukan penelitian lanjutan oleh Sanjaya (2025) yang melaporkan BALP3 dan BALP4 memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Lysteria monocytogeneses.* Isolat lainnya BALP2 dan BALP5 belum dieksplorasi potensinya dalam produksi senyawa antimikroba selain antibakteri seperti senyawa antifungi terhadap fungi patogen pada tanaman. Oleh karena itu, pemilihan BALP2 dan BALP5 dalam penelitian ini didasarkan pada kebutuhan untuk menggali diversitas metabolit sekunder dari mikroba tersebut yang belum teruji, guna menguji kemampuan spesifiknya dalam menekan pertumbuhan fungi patogen *Phytopthora sp.* penyebab busuk buah pada kakao.

B. Rumusan Masalah

Penelitian ini merumuskan beberapa masalah antara lain:

1. Bagaimana kemampuan isolat BALP2 dan BALP5 asal makanan fermentasi ikan pede dalam menghambat pertumbuhan *Phytopthora* sp. secara *in vitro*?
2. Bagaimana efektivitas BALP2 dan BALP5 dalam mengendalikan penyakit busuk buah akibat infeksi fungi patogen *Phytopthora* sp. pada tanaman kakao secara *in vivo*?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis kemampuan isolat BALP2 dan BALP5 asal makanan fermentasi ikan pede dalam menghambat pertumbuhan *Phytopthora* sp. melalui pengujian secara *in vitro*.
2. Menguji efektivitas BALP2 dan BALP5 dalam mengendalikan penyakit busuk buah akibat infeksi fungi patogen *Phytopthora* sp. pada tanaman kakao melalui pengujian secara *in vivo*.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dihasilkan dari penelitian ini antara lain memberikan kontribusi data dan informasi ilmiah mengenai potensi BALP2 dan BALP5 terhadap diversitas pemanfaatan isolat bakteri asam laktat asal ikan pede sebagai agen biokontrol alami terhadap fungi patogen *Phytopthora* sp. penyebab busuk buah pada kakao, menyediakan alternatif solusi pengendalian penyakit yang ramah lingkungan, aman, dan berpotensi ekonomis untuk mengurangi kerugian akibat *Phytopthora* sp. pada kakao.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

BAB V
PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Dua isolat Bakteri Asam Laktat (BAL) asal makanan fermentasi ikan pede, yaitu BALP2 dan BALP5, memiliki kemampuan penghambatan pertumbuhan fungi patogen *Phytopthora* sp. yang signifikan jika dibandingkan dengan kontrol
2. Isolat BALP2 densitas 1 x 10^7 CFU/mL menjukkan kemampuan yang paling efektif dalam menekan dan mengendalikan tingkat keparahan penyakit yang disebabkan oleh *Phytopthora* sp.

B. Saran

1. Perlu melakukan identifikasi dan karakterisasi lebih lanjut terhadap senyawa antifungi yang diproduksi oleh BALP2 dan BALP5.
2. Perlu melakukan pengujian potensi dan efektivitas penghambatan kedua isolat BALP2 dan BALP5 terhadap beberapa jenis fungi patogen tanaman lainnya.
3. Perlu melakukan analisis molekular untuk memetakan gen yang bertanggung jawab dalam menghasilkan senyawa antifungi pada isolat BALP2 dan BALP5.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

Abdilla, T. V., Simamora, E. S., Amelia, Z. D., & Mulyani, P. D. (2025). Potential of *Trichoderma harzianum* as Environmentally Friendly Natural Pesticides for Controlling *Phytopthora* in Duku Plants. *Jurnal Biologi Tropis*, *25*(2), 1632–1639. https://doi.org/10.29303/jbt.v25i2.8611

Abna, I. M., Sylvia, B., & Amir, M. (2021). Isolasi dan Analisis Antimikroba Kapang Endofit dari Tanaman Nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lam). *Jurnal Katalisator*, *6*(2), 146–163. https://doi.org/10.22216/jk.v5i2.5717

Afriati, nunung, Parawansa, A. K., & Haris, A. (2019). Isolasi dan Morfologi Cendawan Phytoptora palmivora Butl pada Batang Kakao (*Theobroma cacao* L). *Jurnal Biologi*, *4*(2), 16–23.

Amalia, H. (2023). *Aktivitas Antifungi Isolat Bakteri Asam Laktat dari Dadih Susu Kerbau Asal Pampangan terhadap Candida parapsilosis*.

Asharo, R. K., Indrayanti, R., Damayanti, A. P., Putri, H. A. E., Nabilah, S., & Pasaribu, P. O. (2022). Isolation and Characterization of Pathogenic Microbes Origin in Strawberry (*Fragaria* sp.) Based on Koch's Postulates. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen Dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*, *9*(2), 51–61. https://doi.org/10.23960/jbekh.v9i2.269

Asnawi, Iswati, R., Hiasinta, F., & Motulo, J. (2012). Exploration of *Phytopthora Palmivora* Biocontroll Agent's Causes of Causes Nutfall Diseases. *JATT*, *1*(2), 61–67.

Augustin, N. P., Prasetyo, E., & Santoso, S. (2022). Analisis Daya Saing dan Trend Ekspor Kakao Indonesia ke Lima Negara Tujuan Tahun 2010-2019. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, *6*(2), 442–455. https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2022.006.02.10

Defitri, Y. (2017). Penyakit Busuk Buah Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) serta Persentase Serangannya. *Jurnal Media Pertanian*, *2*(2), 98–103.

Dewi, M. A., Mubarik, N. R., Desniar, & Budiarti, S. (2022). Aplikasi Bakteri Asam Laktat dari Inasua sebagai Biorepservatif Ikan Patin (*Pangasius* sp.). *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, *25*(1), 152–162. https://doi.org/10.17844/jphpi.v25i1.39206

Ediwirman, E. (2022). The Appearance of Cocoa Clones Tolerant to Infection *Phytopthora palmivora*. *Jurnal Gronomi Tanaman Tropika (Juatika)*, *4*(2), 184–193. https://doi.org/10.36378/juatika.v4i2.2270

Elfina, Y., Irfandri, Sabirunah, A., Wijayanto, D., Rizqi, A., & Mu'arif, M. (2024). The Morphological Identification of Fungi Causing Cocoa Fruit Rot Disease

STATE ISLAMIC UNIVERSITY SUNAN KALIJAGA YOGYAKARTA

and Inhibition Test of *Bacillus* spp. Against the Fungus *in Vitro*. *Jurnal Budidaya Pertanian*, *20*(1), 83–89. https://doi.org/10.30598/jbdp/2024.20.1.83

Farhanandi, B. W., & Indah, N. K. (2022). *Morphological and Anatomical Characteristics of Cocoa Plants (Theobroma cacao L.) That Grow at Different Heights*. *11*(2), 310–325. https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index310

Foeh, S. C., Temaja, M., & Khalimi, K. (2019). Potensi Bakteri Endofit Dalam Menekan Pertumbuhan *Phytopthora Palmivora* (Butler) Secara *In Vitro*. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, *8*(4), 388–399. https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT388

Fortunata, R., Permatasari, D. A. I., & Wardani, T. S. (2023). Uji Aktivitas Anti Bakteri Ekstrak Etanol Dan Fraksi n-Heksana, Etil Asetat, Air Dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) Terhadap Bakteri *Staphylococcus* epidermidis ATCC 12228 Dengan Metode Difusi Dan Dilusi. *Jurnal Medika Nusantara*, *1*(4), 84–102. https://doi.org/10.59680/medika.v1i4.610

Gea, F. J., & Lase, N. K. (2024a). Penggunaan Mikroorganisme dalam Biokontrol Hama Tanaman Use of Microorganisms in Plant Pest Biocontrol. *Penarik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, *01*(02).

Gea, F. J., & Lase, N. K. (2024b). Penggunaan Mikroorganisme dalam Biokontrol Hama Tanaman Use Of Mikroorganisme In Plant Pest Biocontrol. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, *1*(2), 144–150.

Gokul, A., Mabaso, J., Henema, N., Otomo, L., Bakare, O. O., Klein, A., Daniel, A. I., Omolola, A., Niekerk, L. A., Nkomo, M., & Keyster, M. (2023). Sustainable Agriculture Through the Enhancement of Microbial Biocontrol Agents: Current Challenges and New Perspectives. *Applied Sciences (Switzerland)*, *13*(11), 1–13. https://doi.org/10.3390/app13116507

Gunawan, I. A. A. (2018). *Aktivitas Kefir dan Isolat Bakteri Asam Laktat dari Kefir dalam Menghambat Pertumbuhan Staphylococcus aureus*. http://repository.unimus.ac.id

Hahuly, M. V, Simamora, A. V, Henuk, J. B. D., & Sibha, M. (2022). Penyakit Busuk Buah Kakao di Sentra Produksi Kakao Kecamatan Hewokloang, Kabupaten Sikka, Nusa Tenggara Timur. *Agrisa*, *11*(1), 1–9.

Hardianti, D. N. (2018). *Uji Antagonis Bakteri Asam Laktat Terpilih terhadap Jamur Sclerotium rolfsii Sacc. Penyebab Penyakit Rebah Kecambah pada Tanaman Kedelai*.

Hidayah, M., Anwar, M., & Hidayati, E. (2022). Analisis Kelayakan Usaha tani Kakao (Theobroma cacao L.) di Kecamatan Wanasaba. *Jurnal Agri Rinjani*, *2*(2), 73–78.

Izzatin, N. R., Durroh, B., & Masahid, M. (2023). Analisis Daya Saing Ekspor Kakao Indonesia di Pasar Internasional. *Agro Bali : Agricultural Journal*, *6*(2), 337–349. https://doi.org/10.37637/ab.v6i2.1266

Jaffar, N. S., Jawan, R., & Chong, K. P. (2023). The Potential of Lactic Acid Bacteria in Mediating the Control of Plant Diseases and Plant Growth Stimulation in Crop Production - A Mini Review. *Frontiers in Plant Science*, *13*(1), 1–13. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1047945

Jiménez, D. L., Alvarez, J. C., & Mosquera, S. (2022). Frosty pod rot: a major threat to cacao plantations on the move. *Tropical Plant Pathology*, *47*(2), 187–200. https://doi.org/10.1007/s40858-021-00472-y

Khulillah, I. N., Abadi, A. L., & Aini, L. Q. (2019). Pengaruh Fungisida terhadap Keanekaragaman Bakteri Tanah di Kota Batu. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, *6*(2), 1209–1218. https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2019.006.2.1

Ladha Owa, V., Coo Lea, V., & Wuli, R. N. (2024). Efektivitas *Beauveria bassiana* sebagai Agen Hayati dalam Pengendalian Hama Kepik Penghisap Buah Kakao *Helopeltis* spp. di Desa Rowa Kecamatan Boawae Kabupaten Nagekeo. *Jurnal Pertanian Unggul*, *3*(2), 28–45.

Larasati, R. J., Anindita, R., & Widyawati, W. (2022). Peningkatan Ekspor Kakao Indonesia di Pasar Internasional. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, *6*(3), 1025–1037. https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2022.006.03.23

Leiwakabessy, C., Masauna, Esther. D., & Uruilal, C. (2020). Kejadian Penyakit Busuk Buah Kakao (*Phytopthora palmivora* var. *palmivora*) di Desa Karlutu, Kecamatan Seram Utara Barat, Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Pertanian Kepulauan*, *4*(1), 20–29.

Miranda, M., Lestari, M. D., Setiawati, U. N., Setyaningrum, E., Nukmal, N., Arifiyanto, A., & Aeny, T. N. (2022). *Uji Daya Hambat Pertumbuhan Mikroba Patogen oleh Streptomyces sp. strain 118 sebagai Agen Biokontrol*. *8*(2), 88.

Motulo, H. F., S-sinaga, M., Hartana, A., Suastika, G., & Aswidinnoor, H. (2007). Karakter Morfologi dan Molekuler Isolat *Phytopthora palmivora* Asal Kelapa dan Kakao. *Jurnal Littri*, *13*(3), 111–118.

Muzuni, Haidin, & Yanti, N. A. (2020). Karakterisasi Morfologi *Phytopthora*sp. Asal Buah Kakao Desa Olo-oloho, Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara.

Jurnal Penelitian Biologi, *7*(1), 1064–1069.

Natasia, N., Jannah, S. N., & Rukmi, M. I. (2020). *Potensi Antifungi Bakteri Asam Laktat dari Saluran Pencernaan Ayam Kampung terhadap Kapang Aspergillus flavus Potential Antifungal of Lactic Acid Bacteria from Digestive Tract of Kampung Chickens against Aspergillus flavus* (Vol. 22, Number 1).

Nurhamidah, anggia, Warsidah, & Idiawati, nora. (2019). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat (BAL) dari Ale-ale dan Cincalok. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, *2*(3).

Oktaviana Asha, M., Yoshi Haryono, N., & Yunimar. (2022). Uji Antagonis Bakteri Endofit terhadap Fungi Patogen *Colletotrichum* sp. Penyebab Penyakit *Antraknosa* pada Stroberi (*Fragaria x ananassa*). *Live and Applied Science*, *1*, 2964–772.

Perrine-Walker, F. (2020). *Phytopthora palmivora*–cocoa interaction. *Journal of Fungi*, *6*(3), 1–20. https://doi.org/10.3390/jof6030167

Puig, A. S. (2023). Fungal Pathogens of Cacao in Puerto Rico. *Plants*, *12*(22), 1. https://doi.org/10.3390/plants12223855

Purnomo, E., Mukarlina, & Rahmawati. (2017). Uji Antagonis Bakteri *Streptomyces* spp. terhadap Jamur *Phytopthora palmivora* BBK01 Penyebab Busuk Buah pada Tanaman Kakao. *Probiont*, *6*(3), 1–7.

Putri, M. T., Darmastuti, S., & Salam, S. (n.d.). Diplomasi Ekonomi Indonesia dalam Meningkatkan Ekspor Kakao ke Malaysia Periode 2017-2021. In *Jurnal Hubungan Internasional* (Vol. 8, Number 1).

Saragoça, A., Canha, H., Varanda, C. M. R., Materatski, P., Cordeiro, A. I., & Gama, J. (2024). Lactic acid bacteria: A sustainable solution against *phytopanthogenic* agents. *Environmental Microbiology Reports*, *16*(6), 1–13. https://doi.org/10.1111/1758-2229.70021

Shehata, H. R., Ettinger, C. L., Eisen, J. A., & Raizada, M. N. (2016). Genes Required for the Anti-fungal Activity of a Bacterial Endophyte Isolated from a Corn Landrace Grown Continuously by Subsistence Farmers Since 1000 BC. *Frontiers in Microbiology*, *7*(OCT). https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01548

Siagian, L. S., Manalu, K., & Nasution, R. A. (2024). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat dari Hasil Fermentasi Limbah Organik Kulit Buah (Eco-Enzyme). *BIOEDUSAINS:Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, *7*(1), 322–334. https://doi.org/10.31539/bioedusains.v7i1.9967

Sine, Y. (2023). Potensi Bakteri Asam Laktat pada Makanan Fermentasi. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, *5*(2), 21–23. https://doi.org/10.32938/slk.v5i2.1915

Solimah, Wahyunindarsih, Mawarsari, ucik, Gusmiati, S. D., Kurniawan, A. Y., Lasmiyati, Syaipulloh, M., Muslikhah, A. S., Asyanti, R. A., Nusaliyawati, A. S., & Camalia, N. D. (2024). *Statistik Kakao Indonesia*

Tjampakasari, C. R., Agustini, R., Baihaki, I., Noor, S., & Bustami, A. (2024). Kultur Slide sebagai Metode Mikroskopik Tidak Langsung untuk Identifikasi Jamur Kapang. *Jurnal Sehat Indonesia*, *6*(1), 201–211.

Wahono, A. (2018). Variasi Kedalaman Air Tanah di Kebun Kakao Rakyat, Studi Kasus di Kabupaten Mimika. *Pusat Penelitian Kopi Dan Kakao Indonesia*, *30*(2), 15–21.

Wartono, W., & Taufiq, E. (2021). Patogen Penyakit Busuk Buah Kakao: Karakter dan Patogenisitas *Phytopthora palmivora* Isolat Asal Pakuwon, Sukabumi. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, *8*(1), 49–56. https://doi.org/10.21082/jtidp.v8n1.2021.p49-58

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA