

**PENGUJIAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI DAN ANTIJAMUR CAIRAN
EKOENZIM BERBASIS PISANG KEPOK MANADO (*Musa × paradisiaca*)
MATANG TERHADAP *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp., DAN
Fusarium sp. SECARA *IN VITRO***

(SKRIPSI)

Oleh

**AMINUDIN
NPM. 1917021051**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

PENGUJIAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI DAN ANTIJAMUR CAIRAN EKOENZIM BERBASIS PISANG KEPOK MANADO (*Musa × paradisiaca*) MATANG TERHADAP *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp., DAN *Fusarium* sp. SECARA *IN VITRO*

Oleh

AMINUDIN

Hama dan penyakit tanaman yang menyerang komoditas pertanian di antaranya *Xanthomonas campestris* dan *Fusarium* sp. Penggunaan pestisida sintetis dalam pengendalian hama penyakit dapat menimbulkan permasalahan di lingkungan. Bahan alam yang terkandung dalam kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengendalian hama yang ramah lingkungan dengan mengolahnya menjadi ekoenzim. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan karakterisasi sifat biologi dan kimia serta mengetahui aktivitas antimikroba ekoenzim berbahan kulit pisang kepok manado matang terhadap *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp., dan *Fusarium* sp. Rancangan Acak Lengkap dengan 1 faktor konsentrasi ekoenzim dilakukan sebanyak 4 kali ulangan. Aktivitas antimikroba dideteksi menggunakan metode difusi cakram Kirby-Bauer dengan parameter diameter zona bening di sekitar kertas cakram sebagai indikator aktivitas antimikroba. Cairan ekoenzim yang diujikan pada *xanthomonas campestris* terbukti menghambat dengan terbentuknya zona bening sebesar 8.72 ± 0.69 mm, sedangkan pada *Bacillus* sp. diperoleh zona hambat sebesar 7.68 ± 1.07 mm, dan diperoleh zona hambat sebesar 1.50 ± 1.04 mm terhadap *Fusarium* sp. Keberadaan mikroba penghasil *growth hormone* diduga terkandung di dalam ekoenzim ditandai dengan hasil positif uji IAA dan pelarut fosfat. Ekoenzim mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, tanin, dan terpenoid yang didukung oleh gugus senyawa terdeteksi pada spektrum IR mengandung gugus fenol. Ekoenzim memiliki nilai pH asam dengan nilai 4.60, nilai *total solid* yang cukup tinggi sebesar 24.80×10^3 mg/l dan *total dissolved solid* sebesar 3.74×10^3 mg/l. Ekoenzim dengan konsentrasi 50% dan 75% efektif dalam menghambat pertumbuhan *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp. dan *Fusarium* sp.

Kata kunci: ekoenzim, antibakteri, antijamur

ABSTRACT

ANTIBACTERIAL AND ANTIFUNGAL ACTIVITY OF LIQUID ECOENZYME BASED ON RIPPED KEPOK MANADO BANANA (*Musa × paradisiaca*) AGAINST *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp., AND *Fusarium* sp. *IN VITRO*

by

AMINUDIN

Pests and plant diseases that attack agricultural commodities include *Xanthomonas campestris* and *Fusarium* sp. The use of synthetic pesticides in controlling pests and diseases can cause problems in the environment. Natural compound contained in banana peels can be used as an alternative to environmentally friendly pest control by processing them into ecoenzymes. The objective of this study was to characterize the biological and chemical properties and to determine the antimicrobial activity of ecoenzymes made from ripe kepok Manado banana peels against *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp., and *Fusarium* sp. Completely randomized design with 4 replications of ecoenzyme concentrations. Antimicrobial activity was detected using the Kirby-Bauer disc diffusion method with the diameter of the halo zone around the disc paper as an indicator of antimicrobial activity. The ecoenzyme liquid tested on *Xanthomonas campestris* proved to be inhibited by the formation of a halo zone of 8.72 ± 0.69 mm, while on *Bacillus* sp. an inhibition zone of 7.68 ± 1.07 mm was obtained, and an inhibition zone of 1.50 ± 1.04 mm was obtained for *Fusarium* sp. The presence of growth hormone-producing microbes thought to be contained in ecoenzymes was indicated by positive results of IAA and phosphate solubilizing tests. Ecoenzymes contain alkaloids, flavonoids, tannins and terpenoids which are supported by compound groups detected in the IR spectrum containing phenol groups. Ecoenzymes have an acidic pH value of 4.60, a fairly high total solid value of 24.80×10^3 mg/l and a total dissolved solid of 3.74×10^3 mg/l. Ecoenzymes with concentrations of 50% and 75% were effective in inhibiting the growth of *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp. and *Fusarium* sp.

Keywords: ecoenzyme, antibacterial, antifungal

**PENGUJIAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI DAN ANTIJAMUR CAIRAN
EKOENZIM BERBASIS PISANG KEPOK MANADO (*Musa × paradisiaca*)
MATANG TERHADAP *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp., DAN
Fusarium sp. SECARA *IN VITRO***

Oleh

AMINUDIN

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Skripsi : Pengujian Aktivitas Antibakteri dan Antijamur
Cairan Ekoenzim Berbasis Pisang Kepok
Manado (*Musa × paradisiaca*) Matang
Terhadap *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp.
dan *Fusarium* sp. Secara *In Vitro*

Nama Mahasiswa : **Aminudin**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917021051

Program Studi : *SI Biologi*

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Rochmah Agustrina, Ph.D.

NIP. 196108031989032002

Pembimbing II



Achmad Arifiyanto, S.Si., M.Si.

NIP. 199011302019031013

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA UNILA



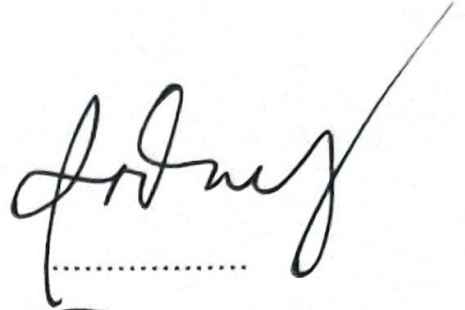
Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.

NIP. 198301312008121001

MENGESAHKAN

1. Tim penguji

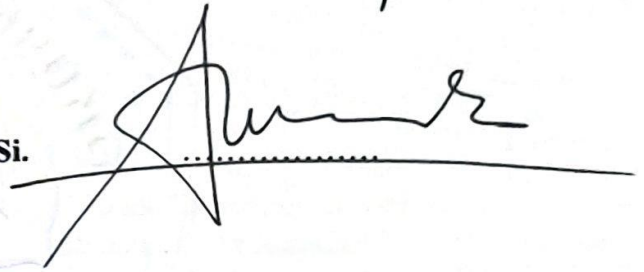
Ketua : Rochmah Agustina Ph.D.



Sekretaris : Achmad Arifyanto, S.Si., M.Si.



Anggota : Prof. Dr. Sumardi, M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 21 Juli 2023

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Aminudin
NPM : 1917021051
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul:

“Pengujian Aktivitas Antibakteri Dan Antijamur Cairan Ekoenzim Berbasis Pisang Kepok Manado (*Musa × Paradisiaca*) Matang Terhadap *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp., dan *Fusarium* sp. Secara *In Vitro*”

baik data maupun pembahasannya adalah benar karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Skripsi ini merupakan bagian dari penelitian S3 Dwijowati Asih Saputri, S.Si., M.Si. dengan tema: Potensi Ekoenzim Berbahan Dasar Kulit Pisang Kepok. Skripsi ini saya susun dengan mengikuti pedoman dan norma akademik yang berlaku dan saya memastikan bahwa karya ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau plagiat dari orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat. Apabila di kemudian hari dalam karya ilmiah ini ditemukan adanya kecurangan, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 1 Agustus 2023

Yang Menyatakan,



Aminudin

NPM. 1917021051

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan pada tanggal 27 September 2001 di Kota Serang sebagai anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Drs. Mahmudi, M.S.I dan Ibu Nasitoh.

Penulis menempuh Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN Serang 13 pada tahun 2007 – 2013. Setelah itu Sekolah Menengah Pertama (SMP) ditempuh di Pesantren Modern Terpadu Al-Izzah, Kab. Serang pada tahun 2013 – 2016, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) ditempuh di SMAN Cahaya Madani Banten Boarding School pada tahun 2016 – 2019. Tahun 2019 penulis resmi terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi (SBMPTN). Penulis menyelesaikan Pendidikan pada perguruan tinggi dan meraih gelar Sarjana Sains pada tahun 2023.

Selama menempuh Pendidikan sarjana, penulis pernah menjadi Anggota Bidang Komunikasi Informasi dan Hubungan Masyarakat Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) FMIPA Unila. Penulis juga pernah menjadi Asisten Fisiologi Hewan, Perilaku Hewan, dan Mikrobiologi Umum di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Pada awal tahun 2022 penulis menyelesaikan kerja praktik di Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang dengan judul “Identifikasi Bakteri *Aeromonas hydrophila* dan *Aeromonas sobria* pada Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*) Menggunakan Metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR) di Laboratorium Mikrobiologi Balai Pengujian Kesehatan Ikan dan Lingkungan (BPKIL) Serang”. Pada pertengahan tahun 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Wonoharjo, Sumberejo, Tanggamus, Lampung. Pada awal tahun 2023 penulis melakukan penelitian di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang kupersembahkan karya ini kepada kedua orang tuaku yang telah memberikan dukungan dan do'a tiada henti hingga titik ini sehingga penulis dapat menyelesaikan Pendidikan ini. Semoga dapat membanggakan keluarga.

Kakak-kakakku yang telah memberikan semangat dan motivasi dalam perjalanan menyelesaikan Pendidikan
Bapak Ibu Guru dan Dosen yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.

Almamaterku tercinta Universitas Lampung.

MOTTO

“Datangnya kematian tidak menunggu hingga kamu akan menjadi lebih baik. Jadilah orang baik dan tunggulah kematian”

“Janganlah engkau bersikap terlalu lemah sehingga engkau akan diperas, dan janganlah pula bersikap terlalu keras, sehingga engkau akan dipatahkan”

“The way to get started is to quit talking and begin doing”

“Rest is for the dead!”

SANWACANA

Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT. atas limpahan rahmat dan karunianya kepada penulis sehingga dapat terselesaikannya skripsi berjudul “Pengujian Aktivitas Antibakteri dan Antijamur Cairan Ekoenzim Berbasis Pisang Kepok Manado (*Musa × Paradisiaca*) Matang Terhadap *Xanthomonas Campestris*, *Bacillus* sp. dan *Fusarium* Sp. Secara *In Vitro*”

Skripsi ini dapat terselesaikan karena bantuan, bimbingan, arahan, kritik, dan nasehat dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tuaku yang senantiasa memberikan dukungan dan doa
2. Kakak-kakakku dan keluarga yang memberikan motivasi dan semangat
3. Ibu Rochmah Agustina Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 yang selalu memberikan ilmu, arahan dan nasihat hingga terselesaikannya skripsi ini
4. Bapak Achmad Arifiyanto, S.Si., M. Si selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan ilmu, dan arahan khususnya pada penulisan dan format skripsi
5. Bapak Prof. Dr. Sumardi, M. Si, selaku dosen pembahas yang telah memberikan banyak ilmu dan arahan dalam metode dan dasar teori tema skripsi
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung
7. Bapak Dr. Jani Master, M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung
8. Ibu Dr. Kusuma Handayani M.Si. selaku Ketua Prodi S1-Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung
9. Ibu Elly Lestari Rustiati, M.Sc. selaku pembimbing akademik yang selalu aktif dalam forum dan membantu perihal akademik penulis

10. Ibu Oni Mastuti, S.Si. selaku laboran Lab. Mikrobiologi yang selalu memberikan suasana ceria dan cekatan atas segala sesuatu menyangkut hal teknis saat penulis melakukan riset

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, 1 Agustus 2023

Penulis,

Aminudin

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Kerangka Pikir	4
1.4. Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Ekoenzim.....	6
2.2. Pisang Kepok	7
2.2.1. Morfologi dan Taksonomi Pisang Kepok.....	8
2.2.2. Kandungan Bahan Organik Kulit Pisang	10
2.3. <i>Xanthomonas campestris</i>	11
2.3.1. Morfologi dan Taksonomi <i>Xanthomonas campestris</i>	11
2.3.2. Gejala Penyakit yang Disebabkan <i>Xanthomonas campestris</i>	12
2.4. <i>Bacillus</i> sp.	13
2.4.1. Morfologi dan Taksonomi <i>Bacillus</i> sp.....	14
2.5. <i>Fusarium</i> sp.....	15
2.5.1. Morfologi dan Taksonomi <i>Fusarium</i> sp.	15
2.5.2. Gejala Penyakit yang Disebabkan <i>Fusarium</i> sp.	16
III. METODE PENELITIAN	17
3.1. Waktu dan Tempat	17
3.2. Alat dan Bahan.....	17
3.3. Rancangan Penelitian.....	18

3.4. Prosedur Kerja	19
3.4.1. Pembuatan Ekoenzim.....	19
3.4.2. Preparasi Mikroba Patogen untuk Uji Antibakteri dan Antijamur secara <i>In Vitro</i>	20
3.5. Pelaksanaan Pengujian	21
3.5.1. Penentuan Karakter kimia Ekoenzim.....	22
3.5.2. Penentuan Karakter Biologi Ekoenzim.....	25
3.6. Analisis Data.....	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Hasil Penelitian	30
4.1.1. Penentuan Karakter Kimia	30
4.1.2. Penentuan Karakter Biologi Ekoenzim	34
4.2. Pembahasan	45
4.2.1. Fermentasi Ekoenzim	45
4.2.2. Penentuan Karakteristik Kimia	46
4.2.3. Penentuan Karakter Biologi Ekoenzim	49
4.2.4. Perbandingan Ekoenzim Berbahan Pisang Kepok Manado Matang terhadap Ekoenzim Berbahan Lainnya	58
V. SIMPULAN DAN SARAN	62
5.1. Simpulan	62
5.2. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Satuan penelitian uji in vitro antibakteri dan antijamur ekoenzim berbasis kulit pisang kepok matang.....	18
Tabel 2. Hasil pengukuran karakteristik kimia ekoenzim meliputi pH, TS, dan TDS ...	30
Tabel 3. Hasil pengujian fitokimia secara kualitatif pada ekoenzim	31
Tabel 4. Interpretasi data gugus fungsional dengan pengukuran metode FTIR pada ekoenzim	33
Tabel 5. Nilai absorbansi larutan IAA standar.....	37
Tabel 6. Nilai absorbansi dan konsentrasi IAA sampel berdasarkan konsentrasi ekoenzim	38
Tabel 7. Hasil perhitungan bakteri pada ekoenzim menggunakan metode <i>Total Plate Count</i>	40
Tabel 8. Hasil uji in vitro aktivitas antibakteri terhadap <i>Xanthomonas campestris</i> (Gram negatif).....	40
Tabel 9. Hasil Uji in vitro aktivitas antibakteri terhadap <i>Bacillus</i> sp. (Gram positif)	42
Tabel 10. Hasil Uji in vitro aktivitas antijamur terhadap <i>Fusarium</i> sp.	44
Tabel 11. Perbandingan hasil uji berbagai macam ekoenzim	58

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. <i>Xanthomonas campestris</i> pada mikroskop perbesaran 1000×.....	12
Gambar 2. <i>Bacillus</i> sp. pada mikroskop perbesaran 1000×.....	14
Gambar 3. Penampakan konidia spora secara mikroskopis isolat <i>Fusarium</i> sp. pada mikroskop perbesaran 400×	15
Gambar 4. Peta Alur Penelitian	19
Gambar 5. Ekoenzim berbahan pisang kepok manado tua berumur 3 bulan	20
Gambar 6. Hasil pengujian FTIR.	32
Gambar 7. Kultur mikroba ekoenzim pada media nutrien broth	35
Gambar 8. Hasil uji keberadaan hormon IAA pada konsentrasi ekoenzim.	35
Gambar 9. Larutan standar IAA berdasarkan konsentrasi	36
Gambar 10. Kurva hasil pengukuran absorbansi dan konsentrasi larutan standar dan larutan ekoenzim.....	37
Gambar 11. Uji keberadaan fosfat terlarut pada pengenceran ekoenzim bertingkat.	38
Gambar 12. Hasil uji Siderofor pada ekoenzim dengan konsentrasi ekoenzim	39
Gambar 13. Rata-rata diameter daya hambat ekoenzim terhadap <i>Xanthomonas campestris</i>	41
Gambar 14. Hasil uji antibakteri terhadap <i>X. campestris</i> pada ekoenzim dengan konsentrasi ekoenzim.....	41
Gambar 15. Rata-rata diameter daya hambat ekoenzim terhadap <i>Bacillus</i> sp. pada berbagai konsentrasi	42
Gambar 16. Hasil Uji antibakteri terhadap <i>Bacillus</i> sp. pada ekoenzim dengan konsentrasi ekoenzim.....	43
Gambar 17. Rata-rata diameter daya hambat ekoenzim terhadap <i>Fusarium</i> sp. pada berbagai konsentrasi	44
Gambar 18. Hasil Uji antijamur terhadap <i>Fusarium</i> sp. pada ekoenzim dengan konsentrasi ekoenzim.....	45

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Sampah merupakan kelebihan atau residu aktivitas manusia yang dianggap tidak bermanfaat sehingga disisihkan ke lingkungan. Persepsi masyarakat terhadap sampah sebagai barang tak bernilai dan dibuang begitu saja menyebabkan terjadinya peningkatan akumulasi sampah terus-menerus meningkat, sehingga dibutuhkan sumber daya dan ruang yang semakin luas untuk tempat dan proses pembuangannya sehingga tidak membahayakan bagi lingkungan maupun Kesehatan di sekitarnya (Zuraidah *et al.*, 2022).

Secara umum sampah dikelompokkan menjadi sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik berasal dari sisa makhluk hidup seperti tumbuhan dan hewan yang mengalami pembusukan, dan dapat didekomposisi oleh mikroorganisme menjadi komponen yang lebih sederhana (Wiryo *et al.*, 2020). Sebaliknya, sampah anorganik dihasilkan oleh aktivitas manusia yang sulit diurai oleh mikroorganisme, dan membutuhkan waktu yang lama untuk terurai (Taufiq & Maulana, 2015).

Salah satu sampah organik adalah kulit pisang. Bobot kulit pisang mencapai 40% dari buahnya (Vu *et al.*, 2016). Kulit pisang merupakan bahan organik yang mengandung unsur kimia seperti magnesium, sodium, fosfor dan sulfur yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk

organik. Kulit pisang juga diketahui mengandung serat makanan dan senyawa fenolik tingkat tinggi (Anjum *et al.*, 2014). Lebih dari 40 senyawa telah diidentifikasi dari kulit pisang dan diklasifikasikan ke dalam empat subkelompok yaitu asam hidroksisinamat, flavonol, flavan-3-ols, dan katekolamin. Flavonol dan konjugatnya adalah senyawa yang paling dominan dan sering teridentifikasi (Tsamo *et al.*, 2015). Dalam kelompok asam hidroksisinamat, asam ferulat merupakan senyawa yang paling dominan. Asam hidroksisinamat terdapat dalam bentuk asam atau terkonjugasi dengan gula, atau terkonjugasi dengan satu sama lain (Tsamo *et al.*, 2015). Flavan-3-ol adalah kelompok fenolat terbesar yang ditemukan dalam kulit pisang (Rebello *et al.*, 2014), terdapat dalam bentuk monomer, dimer dan polimer. Selain itu dalam kulit pisang ditemukan sejumlah besar dopamin dan L-dopa, katekolamin dengan aktivitas antioksidan yang signifikan. Fidrianny *et al.* (2014) membuktikan bahwa fenolik menunjukkan aktivitas antioksidan yang kuat, sifat anti mikroba, dan antibiotik. Fenolik merupakan metabolit sekunder penting yang ditemukan dalam kadar yang tinggi dalam kulit pisang (Lim *et al.*, 2007).

Salah satu pengolahan sampah organik menjadi produk bermanfaat adalah dengan mengolahnya menjadi ekoenzim (Hemalatha & Visantini, 2020). Cairan ekoenzim memiliki warna coklat gelap dan beraroma kuat. Keistimewaan pemanfaatan limbah organik dijadikan bahan ekoenzim adalah proses fermentasi untuk pembuatan ekoenzim tidak memerlukan tangki pengomposan dengan ukuran tertentu maupun tempat khusus. Kemasan produk yang tidak terpakai seperti botol bekas kemasan air mineral atau wadah lainnya, selama bisa ditutup rapat dapat digunakan sebagai tempat fermentasi dalam pembuatan ekoenzim. Dengan demikian dapat menjadi bagian dari solusi pemanfaatan limbah organik.

Ekoenzim memiliki banyak manfaat seperti dapat digunakan sebagai *growth factor* tanaman, campuran deterjen pembersih lantai, pembersih

sisa pestisida, dan pembersih kerak (Supriyani *et al.*, 2020). Ekoenzim mengandung asam asetat (CH_3COOH) dan enzim antara lain lipase, tripsin, dan amilase. Selain itu juga ekoenzim menghasilkan NO_3^- (Nitrat) dan CO_3 (Karbon trioksida) yang merupakan unsur hara (Novianti & Muliarta, 2021).

Hama dan penyakit tanaman merupakan salah satu faktor pembatas dalam budidaya tanaman. Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang menyerang tanaman dapat disebabkan oleh hama dan patogen. Patogen dapat berasal dari bakteri, virus, dan jamur (Puspitasari *et al.*, 2021). Salah satu Patogen yang menyerang tanaman pertanian adalah busuk hitam pada kubis yang disebabkan oleh *Xanthomonas campestris* dan penyakit layu yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. Umumnya petani mengendalikan hama penyakit menggunakan pestisida sintetis, namun penggunaan pestisida kimia tersebut menjadi permasalahan utama di agroekosistem. Penggunaan pestisida sintetis secara terus menerus menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan, dan berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan (Hanum & Guchi, 2016). Cara alternatif dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman yang ramah lingkungan tanpa mengakibatkan kerusakan lingkungan biotik dan penurunan kesehatan manusia adalah dengan memanfaatkan bahan alam dalam ekoenzim (Febrianna *et al.*, 2018). Dengan demikian, melalui proposal ini diajukan kajian untuk menguji daya hambat ekoenzim berbahan kulit pisang manado matang terhadap pertumbuhan mikroba patogen pada tanaman secara *in vitro*.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menguji aktivitas ekoenzim sebagai antijamur dan antibakteri secara *in vitro* dengan mengamati daya hambatnya
2. menganalisis karakter kimia dan biologi ekoenzim berbasis kulit pisang kepok manado matang.

1.3. Kerangka Pikir

Sampah merupakan material sisa yang tidak digunakan oleh manusia. Sisa-sisa makhluk hidup seperti tumbuhan dan hewan merupakan bagian dari sampah organik yang dapat terdekomposisi menjadi senyawa-senyawa penyusunnya yang lebih sederhana. Kulit buah pisang merupakan salah satu sampah organik yang cukup melimpah keberadaannya karena 40% dari berat total produksi tanaman pisang berupa kulit pisang. Kulit pisang merupakan limbah organik yang masih mengandung banyak bahan kimia antara lain karbohidrat, protein, belerang, garam, fosfor, magnesium, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik.

Kulit pisang juga diketahui mengandung senyawa fenolik tingkat tinggi, diantaranya asam hidrokisimat, flavonol, flavan-3-ols, dan katekolamin. Senyawa fenolik diketahui pula menunjukkan aktivitas antioksidan yang kuat, anti mikroba, dan antibiotik. Senyawa metabolit sekunder penting lainnya yang diketahui terdapat dalam kulit pisang adalah flavonoid, alkaloid, dan tanin yang memiliki sifat antimikroba.

Produksi ekoenzim dapat dijadikan sebagai salah satu metode dalam pengolahan limbah organik menjadi produk yang bermanfaat. Ekoenzim adalah senyawa organik cair kompleks hasil proses fermentasi sampah bahan organik dengan air dan sumber gula. Keunggulan ekoenzim adalah proses pembuatan yang mudah dan tidak memerlukan tempat khusus dalam pembuatannya. Salah satu bahan organik yang dapat dijadikan bahan dasar dalam pembuatan ekoenzim adalah kulit pisang, sehingga dapat menjadi bagian dari solusi pengolahan dan pemanfaatan limbah organik dari kulit pisang. Ekoenzim memiliki berbagai kegunaan, dalam bidang pertanian ekoenzim dapat dimanfaatkan antara lain sebagai pupuk sekaligus pestisida. Sebagai pestisida dengan kandungan senyawa polifenolnya diduga dapat menghambat pertumbuhan patogen tanaman.

Penyakit tanaman sampai saat ini merupakan kendala dalam budidaya berbagai tanaman, salah satunya patogen dalam bentuk mikroba. Busuk hitam adalah salah satu jenis penyakit pada kubis yang disebabkan oleh *Xanthomonas campestris* sedangkan penyakit layu pada tanaman disebabkan oleh jamur patogen *Fusarium* sp. Umumnya petani menggunakan pestisida sintetis untuk mengendalikan hama dan penyakit, namun penggunaan pestisida kimia secara terus menerus dapat menimbulkan ancaman serius bagi Kesehatan agroekosistem. Pestisida sintetis memiliki pengaruh yang merugikan terhadap lingkungan dan berpotensi membahayakan pada kesehatan manusia. Pemanfaatan sumber pestisida alami yang terkandung dalam ekoenzim merupakan salah satu metode pengendalian hama dan penyakit tanaman yang ramah lingkungan sehingga aman secara ekologis tanpa membahayakan kesehatan manusia atau lingkungan biotik.

1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. pada konsentrasi tertentu cairan ekoenzim dapat menghambat pertumbuhan *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp. dan *Fusarium* sp. secara *in vitro*
2. cairan ekoenzim memiliki karakteristik kimia dan biologi tertentu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ekoenzim

Ekoenzim merupakan cairan hasil fermentasi limbah organik berupa ampas atau kulit buah, dan sayuran. Ekoenzim berwarna coklat tua dan beraroma menyengat (Novianto, 2022). Cairan ekoenzim mengandung senyawa berupa enzim lipase, tripsin, dan amilase. Kandungan senyawa polifenol cairan ekoenzim berfungsi sebagai antioksidan yang dapat menghambat radikal bebas dan berperan penting dalam menghambat patogenesis inflamasi atau sebagai antibakteri (Roska *et al.*, 2018).

Ekoenzim mengandung asam organik antara lain asam asetat (CH_3COOH) yang dapat menghancurkan bakteri, virus, dan jamur (Novianti & Muliarta, 2021). Menurut Novianti & Muliarta (2021) cairan ekoenzim mengandung NO_3^- (nitrat) dan CO_3 (karbon trioksida) yang dibutuhkan oleh tanah sebagai unsur hara sehingga dapat meningkatkan kualitas fisik, kimia, dan mikrobiologi tanah. Ekoenzim dapat dimanfaatkan sebagai pupuk yang dapat menawarkan nutrisi dan mengontrol metabolisme untuk tanaman, melindungi akar dari hama dan penyakit, dan mengembangkan akar yang optimal (Novianto, 2022). Ekoenzim juga dapat digunakan sebagai pestisida. Ketika dikombinasikan dengan air, larutan ekoenzim akan bereaksi dan menjadi bahan pembersih (Dondo *et al.*, 2023).

Ekoenzim terbuat dari fermentasi bahan organik, sumber gula, dan air dengan perbandingan 3:1:10 selama 90 hari. Sumber gula yang digunakan dapat gula aren, gula putih, atau tetes tebu (molase) (Ramadani *et al.*, 2019). Menurut Septiani *et al.*, 2021, ekoenzim yang dihasilkan selama proses fermentasi merupakan hasil aktivitas bakteri dan jamur dalam mendegradasi bahan kimia kompleks menjadi bahan yang lebih sederhana seperti alkohol dan karbon dioksida. Selama proses fermentasi dihasilkan gas hasil respirasi mikroba sehingga perlu dilakukan pelepasan gas dari wadah secara berkala (Novianti & Muliarta, 2021). Proses fermentasi enzim menghasilkan ozon, atau O₃ yang memberikan efek positif pada lingkungan (Novianti & Muliarta 2021; Rubin & Friedrich, 2001).

Keunggulan pembuatan ekoenzim dalam memanfaatkan limbah organik terletak pada proses pembuatan yang mudah dan tidak membutuhkan ruang yang luas. Bak komposter atau wadah yang digunakan untuk fermentasi pun tidak memerlukan persyaratan tertentu. Botol air mineral dan barang-barang bekas lainnya dapat dimanfaatkan sebagai wadah fermentasi untuk membuat ekoenzim (Novianti & Muliarta, 2021).

2.2. Pisang Kepok

Tanaman pisang termasuk kedalam kelompok herba yang memiliki tingkat produksi yang tinggi, tanaman pisang tumbuh subur pada iklim tropis dan kondisi tanah yang banyak mengandung humus (Yunianto, 2019). Buah pisang biasanya dikonsumsi secara langsung atau diolah menjadi produk seperti keripik. Pisang diproduksi dalam jumlah besar setiap tahunnya, menurut Vu *et al.* (2016) diketahui sekitar 35 – 40% bobot pisang merupakan kulitnya yang berpotensi untuk pemanfaatan lebih lanjut seperti pembuatan ekoenzim.

Pisang kepok memiliki berbagai kultivar dengan genom yang berbeda. Menurut Ernawati *et al.* (2018). Terdapat beberapa kultivar pisang kepok di wilayah kota Bandar Lampung yang masing-masing memiliki genom yang unik, antara lain genom BBB pada kepok manado, kepok kapas, kepok kuning, genom ABB pada kepok batu, dan genom AAB pada kepok abu. Menurut penelitian Hapsari & Masrum (2012), kultivar dengan kelompok genom AAB, ABB, dan BBB lebih tahan terhadap penyakit kerdil pisang dibandingkan dengan kelompok genom AA dan AAA. Selain itu, dibandingkan dengan pisang yang tidak memiliki genom B atau mengandung genom B dalam jumlah yang lebih rendah, pisang yang mengandung genom B cenderung menghasilkan senyawa fenol dalam jumlah yang lebih besar (Fitriyah *et al.*, 2017).

2.2.1. Morfologi dan Taksonomi Pisang Kepok

Akar utama pohon pisang berwarna putih dengan ketebalan antara 5 – 8 mm. Akar sekunder dan tersier tumbuh mengikuti perkembangan dari akar primer. Protoxylem di ujung akar adalah tempat akar sekunder mulai tumbuh, dan menyebar ke sekitarnya di dalam tanah. Akar utama menghasilkan rambut akar yang berfungsi untuk menyerap air dan mineral (Nuriyanto, 2018).

Menurut Nuriyanto (2018), tanaman pisang memiliki batang semu dan batang sejati. Batang semu adalah kumpulan pelepah daun yang tersusun rapat dan teratur. Batang sejati, atau batang yang berada di bawah tanah disebut rhizom. Rhizom dewasa dapat mencapai diameter sekitar 300 mm. Bagian bawah batang pisang mengembung berupa umbi yang disebut bonggol. Tunas muncul dari kuncup pada bonggol yang selanjutnya berkembang menjadi tanaman pisang baru.

Pada bagian daun, tulang daun membagi sisi daun menjadi dua lamina. Lamina dewasa memiliki dimensi lebar 0.7 – 1 m dan panjang 1.5 – 2.8 m. Daun pisang tersebar dan panjangnya berkisar antara 30 sampai 40 cm. Berbentuk lanset memanjang. Daun muda berkembang dari bagian tengah tanaman ke arah luar dan memanjang. Setelah itu secara bertahap membuka. Helaian daun memiliki panjang 1.5 – 3 m, lebar 30 – 70 cm, dan lanset memanjang (Sintha, 2017).

Bunga majemuk terdapat pada pohon pisang, dan masing-masing memiliki pelepah yang berwarna merah kecoklatan. Setelah bunga mekar, pelepahnya akan mengendur dan jatuh ke tanah. Bunga betina akan tumbuh normal, sedangkan bunga jantan yang mekar di ujung tandan tidak akan tumbuh, tetap terbungkus pelepah dan dikenal sebagai jantung pisang. Setiap bundel bunga disebut sebagai sisir dan tersusun dalam tandan (Shinta, 2017). Buah pisang adalah buah berdaging yang terbungkus kulit. Setiap tandan buah atau sisir, berisi sejumlah pisang. Pisang kepok memiliki bentuk yang segi dan pipih. Buahnya kecil, berukuran panjang 10 – 12 cm dan berat 80 – 120 g, Pisang Kepok memiliki daging buah berwarna putih dan kuning, kulit buahnya sangat tebal, berwarna kuning kehijauan, dan terkadang ternoda coklat (Ambarita *et al.*, 2015).

Berdasarkan klasifikasi Ness (2003), taksonomi pisang kepok adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division: : Anthophyta
Class : Monocotyledones
Order : Zingiberales
Family : Musaceae
Genus : *Musa*
Species : *Musa* × *paradisiaca*

2.2.2. Kandungan Bahan Organik Kulit Pisang

Pisang kepok memiliki kandungan sebesar 75 g air, 1.2 g protein, 0.2 g lemak, 23 g karbohidrat, energi (88 kalori), kalsium 8 mg, potassium 28 mg, Fe 0.6 mg, vitamin B-1 0.04 mg, vitamin A, dan vitamin C 78 mg dalam setiap 100 g daging pisang (Suparmi, 2013).

Dibandingkan dengan daging buahnya, kulit pisang memiliki kandungan antioksidan yang lebih banyak (Fatemeh *et al.*, 2012). Lebih dari 40 senyawa telah diidentifikasi dari kulit pisang. Senyawa tersebut dapat diklasifikasikan menjadi 4 subkelompok, yaitu: asam hidroksisinamat, flavonols, flavan-3-ols dan katekolamin. Di antara flavonol yang teridentifikasi, rutin ($C_{27}H_{30}O_{16}$) dan konjugatnya merupakan komponen yang paling dominan. Terutama konjugat dengan heksosa, glikosida flavonoid, 3-rutinosida dan struktur berbasis Kuersetin terdeteksi dalam jumlah yang signifikan. Pada asam hidroksisinamat, asam ferulat cenderung mendominasi. Asam hidroksisinamat terdapat dalam bentuk asam atau terkonjugasi dengan gula, atau terkonjugasi satu sama lain (Tsamo *et al.*, 2015).

Flavan-3-ols merupakan kelompok fenolat terbesar yang ditemukan pada kulit pisang, terdiri dari monomer, dimer dan polimer. Polimer dikenal sebagai proanthocyanidins dengan total konsentrasi sebesar 3952 mg/kg (Rebello *et al.*, 2014). Di antara monomer, galocatechin ditemukan dalam jumlah yang lebih besar yaitu 5 kali lebih tinggi daripada yang ditemukan dalam daging buah (Islam *et al.*, 2023; Sulaiman *et al.*, 2011). Selain itu, terdapat sejumlah besar dopamin dan L-dopa, katekolamin dengan aktivitas antioksidan yang signifikan dalam kulit pisang (Zaini *et al.*, 2022; Montelongo *et al.*, 2010). Dopamin adalah antioksidan yang kuat

dan diyakini secara signifikan dikaitkan dengan aktivitas antioksidan dari ekstrak pisang (Vu, 2020).

Kematangan buah secara signifikan mempengaruhi kandungan fenolik kulit. Total kandungan fenolik ditemukan menurun dengan proses pemasakan. Kulit yang terlalu matang memiliki 52% lebih sedikit kandungan fenolik, sedangkan kulit yang matang memiliki kandungan fenolik 15 – 45 % lebih sedikit dibandingkan dengan kulit hijau (Fatemeh *et al.*, 2012). Kapasitas penangkal radikal bebas 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) kulit pisang menurun saat buah berubah dari hijau menjadi matang, dan menjadi terlalu matang (Mokbel & Hashinaga, 2005; Rahmi *et al.*, 2021). Selanjutnya, banyak senyawa bioaktif individu seperti naringin, rutin, norepinefrin, dopamin dan L dopa berkurang secara signifikan ketika kulit berubah dari hijau kekuningan (Zaini *et al.*, 2022).

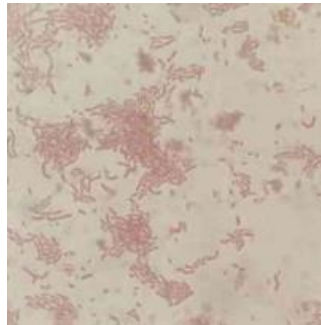
2.3. *Xanthomonas campestris*

Penyakit tanaman merupakan kendala utama dan menimbulkan kerugian besar bagi sistem pertanian. Salah satu penyakit yang banyak menyerang tanaman hortikultura adalah penyakit busuk hitam yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas campestris*. Penyakit ini biasanya sering terjadi di daerah yang rendah dan dimana tanaman tetap basah untuk waktu yang lama (Rahmawati, 2012).

2.3.1. Morfologi dan Taksonomi *Xanthomonas campestris*

Xanthomonas campestris merupakan bakteri gram negatif, memiliki batang pendek dengan ujung membulat dengan dimensi $1.17 - 2.07 \times 0.54 - 0.99 \mu\text{m}$, gram negatif, jarang berpasangan, dan motil dengan flagel kutub tunggal. Koloni bakteri *Xanthomonas campestris* berbentuk bulat dengan semua sudut

sedikit menonjol, mengkilat, dan berwarna kuning pucat (Vicente & Holub, 2013).



Gambar 1. *Xanthomonas campestris* pada mikroskop perbesaran 1000× (Dokumen Pribadi).

Menurut Vicente & Holub (2013), klasifikasi *Xanthomonas campestris* adalah sebagai berikut:

<i>Kingdom</i>	: Bacteria
<i>Phylum:</i>	: Proteobacteria
<i>Class</i>	: Gammaproteobacteria
<i>Order</i>	: Xanthomonadales
<i>Family</i>	: Xanthomonadaceae
<i>Genus</i>	: <i>Xanthomonas</i>
<i>Species</i>	: <i>Xanthomonas campestris</i>

2.3.2. Gejala Penyakit yang Disebabkan *Xanthomonas campestris*

Xanthomonas campestris pv. *campestris* adalah penyebab penyakit busuk hitam yang menginfeksi tanaman suku kubis-buncisan. *X. campestris* mampu bertahan dari musim ke musim pada biji kubis, dalam tanah, dan pada tumbuhan inangnya yang lain (Rahmawati, 2012).

Bakteri *Xanthomonas campestris* menginfeksi tanaman kubis melalui pori yang terdapat pada ujung berkas pembuluh di tepi

daun. Kelembapan udara di sekitar tanaman kubis pada malam hari sangat tinggi, sehingga menghasilkan air gutasi di tepi daun. Pada pagi hari setelah kelembapan udara di sekitar tanaman kubis turun, air gutasi pada tepi daun terhisap bersama dengan bakteri *Xanthomonas campestris pv. campestris* yang terdapat di dalamnya dan terjadilah infeksi bakteri pada tanaman kubis. Bakteri *Xanthomonas campestris* juga dapat masuk melalui luka pada tanaman kubis dan dapat terjadi melalui akar tanaman (Hulte *et al.*, 2019).

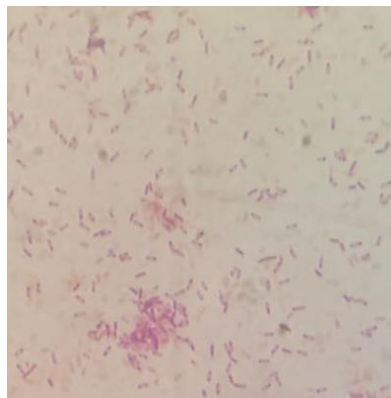
Bakteri *Xanthomonas campestris* menyerang jaringan pengangkutan tanaman dan dapat berpindah secara sistematis dalam jaringan pengangkutan tanaman yang terinfeksi. Vicente & Holub (2013) mengungkapkan, tanaman kubis dapat terinfeksi busuk hitam pada setiap tahap pertumbuhan. Gejala khas dari penyakit busuk hitam bila dilihat secara morfologi yaitu terdapat bercak kuning berbentuk mirip huruf V pada daun yang lama-kelamaan akan mengering dan berubah warna menjadi coklat kemudian rontok. Bercak ini dapat menyebar ke seluruh daun dan tanaman (Lumoly *et al.*, 2016).

2.4. *Bacillus* sp.

Bacillus sp. adalah salah satu dari 266 spesies dalam filum Firmicutes. *Bacillus* sp. dapat bertahan hidup di lingkungan anaerobik fakultatif atau aerobik obligat. Bakteri ini akan menghasilkan endospora selama cekaman kekeringan atau keadaan defisit nutrisi. Spesies *Bacillus* dapat bersifat termofilik, psikrofilik, asidofilik, alkalifilik, halotoleran, atau halofilik. *Bacillus* juga dapat tumbuh subur dalam berbagai kondisi pH, suhu, dan salinitas (Hutchison *et al.*, 2016).

2.4.1. Morfologi dan Taksonomi *Bacillus* sp.

Bacillus sp. merupakan salah satu jenis bakteri Gram positif dan berbentuk basil (batang) yang dapat membentuk endospora berbentuk oval di bagian sentral. Koloni bakteri pada media agar berbentuk bulat sedang, tepi tidak teratur, permukaan tidak mengkilat dan berwarna kecoklatan. *Bacillus subtilis* mempunyai panjang 2 – 3 μm dan lebar 0.7 – 0.8 μm .



Gambar 2. *Bacillus* sp. pada mikroskop perbesaran 1000 \times (Dokumen Pribadi).

Menurut Lombard *et al.* (2015) klasifikasi taksonomi *Bacillus* sp. adalah sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria
Phylum: : Firmicutes
Class : Bacilli
Order : Bacillales
Family : Bacillaceae
Genus : *Bacillus*
Species : *Bacillus* sp.

2.5. *Fusarium* sp.

Fusarium sp. merupakan jamur yang sangat merugikan bagi para petani karena serangan jamur ini dapat menginfeksi tanaman mulai dari fase perkecambahan sampai fase dewasa. *Fusarium* sp. dikenal sebagai patogen tular tanah yang dapat menginfeksi organ lain pada tanaman seperti batang, daun, dan bunga (Prastiwi, 2017).

2.5.1. Morfologi dan Taksonomi *Fusarium* sp.

Fusarium sp. mempunyai 3 alat reproduksi, yaitu mikrokonidia, makrokonidia, dan klamidospora. Makrokonidia berbentuk melengkung, panjang dengan ujung yang mengecil dan mempunyai satu atau tiga buah sekat. Mikrokonidia merupakan konidia bersel 1 atau 2, dan paling banyak dihasilkan di setiap lingkungan bahkan pada saat patogen berada dalam pembuluh inangnya. Makrokonidia mempunyai bentuk yang khas, melengkung seperti bulan sabit, terdiri dari 3-5 septa. Klamidospora memiliki dinding tebal, dihasilkan pada ujung miselium yang sudah tua atau di dalam makrokonidia, terdiri dari 1-2 septa (Zega, 2019).



Gambar 3. Penampakan konidia spora secara mikroskopis isolat *Fusarium* sp. pada mikroskop perbesaran 400× (Dokumen Pribadi).

Menurut Lombard *et al.* (2015) klasifikasi taksonomi *Fusarium* adalah sebagai berikut:

Kingdom : Fungi
Phylum: : Ascomycota
Class : Sordariomycetes
Order : Hypocreales
Family : Nectriaceae
Genus : *Fusarium*
Species : *Fusarium* sp.

2.5.2. Gejala Penyakit yang Disebabkan *Fusarium* sp.

Fusarium sp. menyebabkan penyakit layu pada tanaman, tanaman yang terserang *Fusarium* sp. pada awalnya akan menunjukkan gejala tulang daun yang pucat, terutama daun bagian atas, diikuti batang yang merunduk dan akhirnya tanaman mengalami kelayuan secara keseluruhan. Pada daun bagian bawah seringkali mengalami klorosis dan nekrosis saat terjadi kelayuan. Pada tanaman yang muda, serangan *Fusarium* sp. akan mengakibatkan tanaman mati secara mendadak karena pada bagian pangkal batang tanaman terjadi kerusakan (Sari *et al.*, 2012). Penularan jamur *Fusarium* sp. terjadi melalui berbagai perantara, diantaranya alat pertanian, binatang, air hujan, air irigasi, tanah dan benih (Prastiwi, 2017).

Fusarium sp. mengalami 2 fase dalam siklus hidupnya yakni patogenesis dan saprogenesis. Patogen ini hidup sebagai parasit pada tanaman inang dengan masuk melalui luka dan berkembang dalam jaringan tanaman yang disebut sebagai fase patogenesis. sedangkan fase saprogenesis merupakan fase bertahan yang diakibatkan tidak adanya inang, hidup sebagai saprofit dalam tanah dan sisa-sisa tanaman (Nugraheni, 2010).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2023 – Maret 2023 di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung dan Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pipet volumetri, tabung reaksi (Pyrex), cawan Petri, *autoclave* (ALP KT-30LDP), *colony counter*, erlenmeyer (Pyrex), gelas ukur (Pyrex), gelas beker (Pyrex), jarum ose, kain kasa, *aluminium foil*, *hot plate*, *stirrer*, spatula, Haemocytometer (Weber Scientific International (WSI)), pinset, mikropipet, mikrotips (Sorfa), *glass rod spreader*, *centrifuge*, Cary 630 FTIR Spectrometer, spektrofotometri, timbangan analitik (U.S. solid), inkubator (Heraeus), Oven (Heracus), bunsen, laminar air flow, jangka sorong, kertas saring whatman No. 1, pH Meter (Mediatech), cawan penguap, dan TDS meter (Mediatech).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kulit pisang kepok manado matang yang diperoleh dari desa Sabah Balau, Lampung Selatan, isolat *Fusarium* sp. diperoleh dari PT. Great Giant Pineapple (PT. GGP)

Terbanggi Besar, Lampung Tengah, *Xanthomonas campestris* diperoleh dari InaCC LIPI (B1449), dan *Bacillus* sp., yang diperoleh dari stok bakteri di Laboratorium Mikrobiologi UNILA. Bahan-bahan lainnya adalah akuades, NaCl fisiologis, *nutrient agar*, *potato dextrose agar*, *nutrient broth*, media Pikovskaya, media *simple double-layered chrome azurol*, L-triptofan, reagen Salkowski, aluminium foil, kloramfenikol, ketokonazol, alkohol, dan reagen fitokimia.

3.3. Rancangan Penelitian

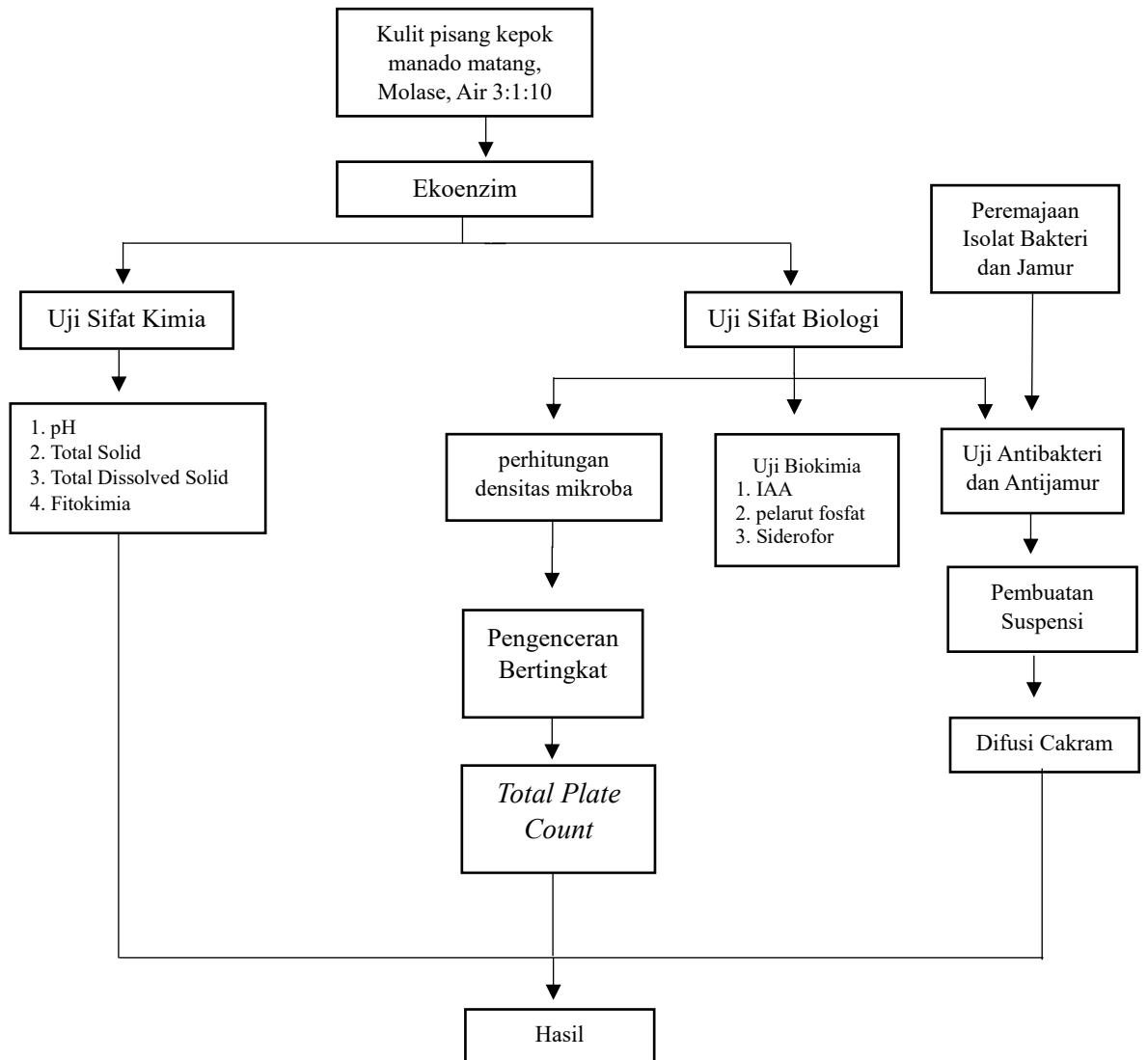
Penelitian ini terdiri dari penelitian observasi dan penelitian eksperimental. Penelitian observasi ditujukan untuk melihat sifat kimia dan kandungan senyawa fitokimia cairan ekoenzim. Penelitian eksperimental adalah penelitian untuk menguji aktivitas biologi, antibakteri dan antijamur secara *in vitro*. Penelitian eksperimental akan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan uji antimikroba terdiri dari cairan ekoenzim konsentrasi 25%, 50%, dan 75% (Mavani *et al.*, 2020; Ramadani *et al.*, 2022), serta kontrol negatif (akuades), dan kontrol positif menggunakan kloramfenikol untuk antibakteri (Pelczar & Chan, 2008) dan ketokonazol untuk antijamur (Speeleveld *et al.*, 1996). Setiap unit perlakuan dalam penelitian ini akan diulang sebanyak 4 kali.

Tabel 1. Satuan penelitian uji *in vitro* antibakteri dan antijamur ekoenzim berbasis kulit pisang kepok matang

<i>pathogen</i>	<i>Concentration</i>				
	<i>Control -</i>	<i>Control +</i>	25 %	50%	75%
<i>Xanthomonas campestris</i> (X)	K-X	K+X	25X	50X	75X
<i>Bacillus</i> sp. (B)	K-B	K+B	25B	50B	75B
<i>Fusarium</i> sp. (F)	K-F	K+F	25F	50F	75F

* *Control* (+) : kloramfenikol untuk bakteri, Ketokonazol untuk jamur
 * *Control* (-) : Akuades

Secara detail tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada gambar 4, peta alur pelaksanaan penelitian.



Gambar 4. Peta Alur Penelitian

3.4. Prosedur Kerja

3.4.1. Pembuatan Ekoenzim

Kulit pisang kepok manado matang dicuci bersih, kemudian dipotong kecil-kecil, dicampur dengan sumber gula berupa gula merah atau molase dan air. Perbandingan kulit pisang kepok manado matang, sumber gula dan air yang digunakan adalah 3:1:10

(1.5 Kg kulit pisang kepok manado, 500 g molase, 5 l air). Ekoenzim dibuat sebanyak 5 liter dengan komposisi 1.6 Kg kulit pisang, 500 g molase, dan 5 liter air. Campuran ini kemudian disimpan dalam wadah plastik tertutup rapat dan diletakkan di tempat terlindung dari sinar matahari langsung. Proses fermentasi dilakukan selama 3 bulan. Selama proses fermentasi akan dihasilkan gas, sehingga tutup wadah perlu dibuka sesekali untuk mengeluarkan gas. Setelah 3 bulan, ekoenzim disaring untuk memisahkan filtrat dari endapan yang mengandung kulit pisang (Ramadani *et al.*, 2019).



Gambar 5. Ekoenzim berbahan pisang kepok manado tua berumur 3 bulan (90 hari) (Dokumentasi pribadi).

3.4.2. Preparasi Mikroba Patogen untuk Uji Antibakteri dan Antijamur secara *In Vitro*

Mikroba uji yang akan digunakan dalam uji *in vitro* aktivitas antibakteri dan antijamur cairan ekoenzim berbasis kulit pisang kepok manado adalah *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp., dan *Fusarium* sp.

3.4.2.1. Peremajaan *Xanthomonas campestris* dan *Bacillus* sp.

Media *Nutrient Agar* (NA) disiapkan untuk peremajaan bakteri dengan melarutkan 28 g NA dalam 1 liter akuades. Larutan tersebut kemudian dipanaskan di atas *hot plate* dan

dihomogenkan menggunakan *stirrer*. Media disterilisasi dalam *autoclave* selama 15 menit dengan suhu 121°C dan tekanan 2 atm. Kemudian media dituang ke dalam cawan Petri masing-masing ± 20 ml dan dibiarkan hingga memadat (Napitupulu *et al.*, 2019).

Stok biakan bakteri diinokulasikan secara aseptis dalam *laminar air flow* dengan jarum ose dan digoreskan pada media NA. Kemudian diinkubasi selama 24 jam untuk pada suhu ruangan di dalam inkubator.

3.4.2.2. Peremajaan *Fusarium* sp

Media *Potato Dextrose Agar* (PDA) disiapkan dengan melarutkan 39 g PDA dalam 1 liter akuades. Larutan tersebut kemudian dipanaskan di atas *hot plate* dan dihomogenkan menggunakan *stirrer*. Media disterilisasi dalam *autoclave* selama 15 menit dengan suhu 121°C dan tekanan 2 atm. Kemudian media dituang ke dalam cawan petri masing-masing ± 20 ml dan dibiarkan hingga memadat.

Stok biakan jamur diinokulasikan secara aseptis dalam *laminar air flow* dengan jarum ose dan digoreskan pada media PDA, Kemudian diinkubasi selama 72 jam pada suhu ruangan di dalam inkubator.

3.5. Pelaksanaan Pengujian

Data yang diamati dalam penelitian ini terdiri dari data hasil observasi yaitu data untuk karakter kimia dan biologi cairan ekoenzim dan hasil uji antibakteri serta antijamur cairan ekoenzim berupa zona hambat.

3.5.1. Penentuan Karakter kimia Ekoenzim

Data karakter kimia yang diamati antara lain pH, *Total Solid* (TS), *Total Dissolved Solid* (TDS), dan kandungan senyawa metabolit sekunder.

3.5.1.1. pH

Elektroda pada pH meter dibilas dengan air bebas mineral, selanjutnya elektroda dikeringkan dengan tisu halus. Sebelum digunakan untuk pengukuran, elektroda dicelupkan ke dalam larutan buffer 4 dan larutan buffer 10 sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang stabil. Sampel cairan ekoenzim diukur dan dicatat pH (derajat keasaman) menggunakan pH meter yang sudah dikalibrasi sebelumnya (Ramadani *et al.*, 2021).

3.5.1.2. *Total Solid* (TS)

Pengujian kadar *total solid* dilakukan dengan metode gravimetri (Zakaria *et al.*, 2021). Kadar total solid dapat dihitung dengan rumus:

$$TS \text{ (mg/L)} = \frac{(B-A) 1000 \text{ ml/l}}{\text{Voulume Uji (ml)}} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

A = berat cawan penguap sebelum pemanasan (mg)

B = berat cawan penguap setelah pemanasan (mg)

Cairan ekoenzim sebanyak 50 ml dimasukkan ke dalam cawan penguap yang telah dikeringkan dan ditimbang sebelumnya (B). cawan penguap yang telah berisi cairan ekoenzim diuapkan di atas *water bath* hingga kering.

Setelah kering cairan ekoenzim dimasukkan ke dalam oven pada suhu (100 – 105)°C selama 1 jam, kemudian ditimbang hingga mencapai bobot konstan (A). Pengujian dilakukan duplo.

3.5.1.3. Total Dissolved Solid (TDS)

Pengukuran kadar *total dissolved solid* (TDS) dilakukan dengan metode konduktometri menggunakan TDS meter (Zakaria *et al.*, 2021). Cairan ekoenzim ditambahkan ke dalam gelas beker dan dihomogenkan, kemudian diukur kadar TDS nya dengan TDS meter yang telah dikalibrasi. Pengukuran dilakukan sebanyak dua kali ulangan (duplo).

3.5.1.4. Skrining Fitokimia

Pengujian fitokimia dilakukan secara secara kualitatif menggunakan senyawa pendeteksi meliputi uji alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan terpenoid. Dan dilakukan dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) menggunakan Cary 630 FTIR Spectrometer dengan melihat gugus fungsi dari senyawa kimia yang dikandung ekoenzim. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda.

Alkaloid

Sebanyak 1 ml ekoenzim direaksikan dengan 5 tetes pereaksi Dragendorff (potassium bismuth iodide). Hasil positif keberadaan senyawa alkaloid dalam cairan ekoenzim ditunjukkan dengan terbentuknya warna orange pada cairan ekoenzim yang diuji (Ramadani *et al.*, 2022).

Flavonoid

Sebanyak 1 ml ekoenzim direaksikan dengan 2 mg serbuk magnesium (Mg) dan 3 tetes HCl 37%. Cairan ekoenzim positif mengandung senyawa flavonoid ditunjukkan dengan terbentuknya warna merah, kuning, atau jingga pada cairan ekoenzim yang diuji (Ramadani *et al.*, 2022).

Saponin

Sebanyak 10 tetes akuades panas dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 1 ml ekoenzim. Hasil positif keberadaan senyawa alkaloid dalam cairan ekoenzim ditunjukkan dengan terbentuknya buih yang stabil selama 30 menit dan tidak hilang dengan penambahan 1 tetes HCl 2N (VH *et al.*, 2021).

Tanin

Sebanyak 1 ml ekoenzim direaksikan dengan 5 tetes reagen FeCl₃ 1% (1 g FeCl₃ dalam 100 ml akuades). Cairan ekoenzim positif mengandung senyawa tanin ditunjukkan dengan terbentuknya warna biru-hitam atau hijau-hitam pada cairan ekoenzim yang diuji (Ramadani *et al.*, 2022).

Terpeneoid

Sebanyak 1 ml ekoenzim direaksikan menggunakan metode Liebermann- Burchard (asam anhidrida asetat dan asam sulfat). Cairan ekoenzim positif teridentifikasi mengandung terpeneoid ditandai dengan terbentuknya cincin kecoklatan atau violet pada permukaan larutan (Siadi, 2012).

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada pada cairan ekoenzim menggunakan Cary 630 FTIR Spectrometer. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda pada panjang gelombang yang direkam oleh spectrometer.

3.5.2. Penentuan Karakter Biologi Ekoenzim

3.5.2.1. Perhitungan Densitas Bakteri

Larutan sampel ekoenzim yang akan diisolasi diambil sebanyak 1 ml, lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan akuades sebanyak 9 ml, kemudian dihomogenkan. Selanjutnya diambil 1 ml cairan ekoenzim untuk pengenceran bertingkat hingga pengenceran 10^{-6} , Cairan hasil pengenceran diambil sebanyak 100 μ l menggunakan mikropipet, lalu dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah terisi media NA dengan metode *spread*. Selanjutnya cairan dalam cawan petri diratakan menggunakan *glass rod spreader* dan diinkubasi selama 24 jam.

Perhitungan dilakukan menggunakan *colony counter* dengan cara menghitung jumlah koloni secara manual. Penentuan jumlah mikroba dalam sampel secara kuantitatif menggunakan rumus perhitungan oleh (Soesetyaningsih & Azizah, 2020)

$$\frac{\text{Koloni}}{\text{ml}} = \text{jumlah koloni} \times \frac{1}{\text{FP} \times \text{Vi}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

FP: Faktor pengenceran

Vi: Volume inokulum

Satuan yang digunakan untuk menyatakan hasil perhitungan jumlah mikroba dalam sampel berdasarkan rumus tersebut yaitu CFU (*Colony Form Unit*)/ml.

3.5.2.2. Uji Mikroba Penghasil *Indole Acetic Acid* (IAA)

Pengujian IAA menggunakan media *nutrient broth* (NB) yang dibuat dengan melarutkan 8 g NB/l dan disuplementasikan L-triptofan sebanyak 300 ppm, sebanyak 1 ml ekoenzim dengan pengenceran 25%, 50%, 75%, dan 100% dimasukkan ke dalam media kultur dan diinkubasi selama 72 jam (Ardiana & Advinda, 2022). Kultur yang telah diinkubasi disentrifugasi dengan kecepatan 4000 RPM selama 30 menit. Sebanyak 1 ml supernatant hasil sentrifugasi ditambahkan 1 ml pereaksi Salkowski (150 ml H₂SO₄, 250 ml akuades, 7.5 ml 0.5M FeCl₃.6H₂O) dan diinkubasi di ruangan gelap selama 30 menit. Hasil positif apabila terjadi perubahan warna menjadi kemerahan pada larutan (Astriani & Murtiyaningsih, 2018). Hasil uji diukur secara kuantitatif menggunakan spektrofotometri pada panjang gelombang λ 520 nm. Hasil absorbansi kemudian dimasukkan ke dalam persamaan kurva standar IAA 0 – 60 ppm untuk memperoleh konsentrasi akhir yang menunjukkan adanya aktivitas IAA dari sampel yang diuji.

3.5.2.3. Uji Mikroba Pelarut Fosfat

Pengujian mikroba pelarut fosfat menggunakan media pikovskaya (10 g C₆H₁₂O₆, 5 g Ca₃(PO₄)₂, 0.5 g (NH₄)₂SO₄, 0.2 g KCl, 0.1 g MgSO₄.7H₂O, 0.002 g MnSO₄.7H₂O, 0.002 g FeSO₄. 7H₂O, 0.1 g NaCl, 0.5 g *yeast extract*, dan 20 g agar) yang dilarutkan dalam 1000 ml akuades (Rini *et al.*, 2020). Sampel ekoenzim dibuat

pengenceran bertingkat hingga pengenceran 10^{-4} dengan cara menambahkan 9 ml akuades steril pada 1 ml ekoenzim, cairan hasil pengenceran diambil sebanyak 100 μ l, lalu dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah terisi media pikovskaya dengan metode *spread*. Selanjutnya cairan dalam cawan petri diratakan dan diinkubasi selama 72 jam.

3.5.2.4. Uji Mikroba Penghasil Siderofor

Pengujian mikroba pengelat besi dilakukan berdasarkan metode yang dilakukan oleh Shin *et al.* (2001) menggunakan media *simple double-layered chrome azurol S agar* (SD-CASA). Media dibuat dengan 60.5 mg Chrome Azurol S (CAS) dilarutkan dalam 50 ml akuades dan dicampur dengan 10 ml larutan besi (III) (1 mmol/l $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 10 mmol/l HCl), larutan ini ditambah secara perlahan 72.9 mg HDTMA yang dilarutkan ke dalam 40 ml air. Hasil larutan yang berwarna biru gelap dilarutkan dengan 2000 ml akuades, agar 2% (gram/volume) ditambahkan untuk pematat, kemudian diautoklaf 121°C selama 15 menit. Media yang telah disteril kemudian dituang sebanyak ± 10 ml ke dalam cawan Petri dan dibiarkan hingga memadat, kemudian dituang media NA ± 6 ml. Kertas saring digunakan untuk mengetahui aktivitas siderofor pada ekoenzim dengan cara 100 μ l cairan ekoenzim dengan konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100% diteteskan pada kertas saring, lalu diletakkan diatas media agar. Hasil positif apabila terbentuknya zona oranye, pink, atau ungu pada medium yang semula berwarna biru (Prihatiningsih *et al.*, 2017).

3.5.2.5. Uji Aktivitas Antibakteri dan Antifungi Ekoenzim

Metode yang digunakan dalam pengujian ini ialah metode difusi cakram (Kirby-Bauer), mikroba yang akan diuji disiapkan dalam suspensi dengan menambahkan mikroba uji ke dalam NaCl fisiologis. Menurut Magvirah *et al.*, (2019) Diameter zona hambat diukur dengan rumus:

$$\text{Diameter zona hambat} = \frac{(D_v - D_c) + (D_H - D_C)}{2} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

DV: Diameter vertical (mm)

DH: Diameter horizontal (mm)

DC: Diameter cakram (mm)

Antibakteri

Suspensi bakteri *Xanthomonas campestris* diinokulasikan secara aseptis ke dalam cawan Petri berisi media *Nutrient Agar* (NA) menggunakan swab steril. Kemudian kertas cakram steril yang telah ditetesi sebanyak 20 µl cairan ekoenzim masing-masing perlakuan diletakkan di atas permukaan media NA secara higienis di dalam *laminar air flow*. Lalu media diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Diameter zona bening diukur menggunakan jangka sorong, lalu dibandingkan dengan standar antibiotik kloramfenikol konsentrasi 100 mg/l.

Antijamur

Suspensi jamur *Fusarium* sp. sebanyak 100 µl diinokulasi secara aseptis ke dalam cawan petri berisi media *Potato Dextrose Agar* (PDA) menggunakan metode *spread*. Kemudian kertas cakram steril yang telah ditetesi sebanyak 20 µl cairan ekoenzim dengan konsentrasi sesuai masing-masing perlakuan diletakkan di atas permukaan media PDA secara higienis di dalam *laminar air flow*. Lalu

media diinkubasi selama 72 jam pada suhu ruang. Diameter zona bening diukur menggunakan jangka sorong, lalu dibandingkan dengan standar antibiotik ketokonazol konsentrasi 100 mg/l.

3.6. Analisis Data

Data hasil penelitian yang diperoleh dianalisis menggunakan aplikasi SPSS. Analisis data dilakukan melalui *One Way Anova* pada taraf $\alpha = 5\%$ dan uji lanjut dengan Tukey yang digunakan untuk menentukan konsentrasi ekstrak yang efektif sebagai antibakteri dan antijamur.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. ekoenzim dalam konsentrasi 50% dan 75% efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp. dan pertumbuhan jamur *Fusarium* sp.
2. ekoenzim berbahan pisang kepok manado tua memiliki karakter biologi yang efektif sebagai antimikroba dan mikroba yang mendukung pertumbuhan tanaman. Ekoenzim mengandung mikroorganisme penghasil hormon IAA dan pelarut fosfat. Ekoenzim memiliki pH asam, nilai TS dan TDS yang tinggi serta mengandung senyawa fitokimia berupa alkaloid, flavonoid, tanin, dan terpenoid.

5.2. Saran

Adapun saran dari penelitian ini sebagai berikut:

1. perlu dilakukan uji sensitivitas antibakteri pada bakteri Gram positif dan Gram negatif lainnya terhadap larutan ekoenzim
2. perlu dilakukan identifikasi mikroba pada ekoenzim.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, L. H., & Hartaya, K. (2012). Sintesis toluen diisosianat dengan menggunakan reaktor batch. *Prosiding SIPTEKGAN XVI-2012*, 172–179.
- Achmad, F., Amelia, D., Sabdi Sembiring, A., Putri Ananda, N., & Mahardika, M. (2022). Pengaruh kombinasi antara fotodegradasi dan H₂O₂ terhadap karakteristik mikroplastik dari limbah disposable face mask. *Jurnal Rekayasa Proses*, 16(2), 45. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.76141>
- Ambarita, M. D. Y., Bayu, E. S., & Setiado, H. (2015). Identifikasi Karakter Morfologis Pisang (*Musa spp.*) di Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Agroekoteknologi*, 4(1).
- Anam, C., Sirojudin, & Firdausi, K. S. (2007). Analisis gugus fungsi pada sampel uji, bensin, dan spiritus menggunakan metode spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*, 10(1410–9662), 79–85. http://eprints.undip.ac.id/1888/1/Analisis_Gugus_Fungsi_Pada_Sampel_Uji,_Bensin_dan_Spiritus_Menggunakan_Metode_Spektroskopi_FTIR.pdf
- Anjum, S., Sundaram, S., & Rai, G. K. (2014). Nutraceutical application and value addition of banana (*Musa Paradisica* L. Variety “bhusawal keli”) peel: A review. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(10), 81–85.
- Ardiana, M., & Advinda, L. (2022). Kemampuan Pseudomonad fluoresen dalam Menghasilkan *Indole Acetic Acid* (IAA). *Jurnal Serambi Biologi*, 7(1), 59–64.
- Astriani, M., & Murtiyaningsih, H. (2018). Pengukuran *Indole-3-Acetic Acid* (IAA) pada *Bacillus* sp. dengan penambahan *L-Tryptofan*. *Bioeduscience*, 2(2), 116–121.
- Bhagwat, P. K., Kasabe, P. J., Jhample, S. B., & Dandge, P. B. (2013). Friendly bacteria propping up legumes development in pesticide contaminated soil. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 4(3).
- Cintrón, M. S., & Hinchliffe, D. J. (2015). FT-IR examination of the development of secondary cell wall in cotton fibers. *Fibers*, 3(1), 30–40. <https://doi.org/10.3390/fib3010030>
- Devi, T. S. R., & Gayathri, S. (2010). FTIR And FT-Raman spectral analysis of

- Paclitaxel drugs. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 2(2), 106–110.
- Dewi, T. K., Sekar Arum, E., Imamuddin, H., & Antonius, S. (2015). Karakterisasi mikroba perakaran (PGPR) agen penting pendukung pupuk organik hayati. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*, 1(2), 289–295. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/>
- Dewi, T. K., Suryanggono, J., & Agustiyani, D. (2016). Isolasi dan uji aktivitas bakteri penghasil hormon tumbuh IAA (*Indole 3-Acetic Acid*) dan bakteri perombak protein dari tanah pertanian tual, Maluku Tenggara. *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON*, 2(2), 271–276. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m020226>
- Dondo, Y., D., T. S., & Nangoi, R. (2023). Efektivitas penggunaan ekoenzim berbahan dasar beberapa macam buah terhadap pertumbuhan tanaman selada (*Lactuca sativa* l.). *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*, 4, 147–158.
- Ergina, Nuryanti, S., & Pursitasari, I. D. (2014). Uji kualitatif senyawa metabolit sekunder pada daun palado (*Agave angustifolia*) yang diekstraksi dengan pelarut air dan etanol. *Jurnal Akademika Kimia*, 3(3), 165–172.
- Ernawati, E., Agustrina, R., Irawan, B., Nurhasanah, E., & Kanedi, M. (2018). Germplasm Diversity Of Banana (*Musa Spp*) in The City of Bandar Lampung , Indonesia by Type of Genome and Number of Chromosome. *Scholars Journal of Agriculture and Veterinary Sciences (SJA VS)*, 5(4), 251–254. <https://doi.org/10.21276/sjavs.2018.5.4.10>
- Fatemeh, S. R., Saifullah, R., Abbas, F. M. A., & Azhar, M. E. (2012). Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours: Influence of variety and stage of ripeness. *International Food Research Journal*, 19(3), 1041–1046.
- Febrianna, M., Priyono, S., & Kusumarini, N. (2018). Pemanfaatan pupuk organik cair untuk meningkatkan serapan nitrogen serta pertumbuhan dan produksi sawi (*Brassica juncea* l.) pada tanah berpasir. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 5(2), 1009–1018. <http://jtsl.uib.ac.id>
- Fidrianny, I., Insanu, M., & R, K. R. (2014). In vitro antioxidant activities from various extracts of banana peels using abts, dpph assays and correlation with phenolic, flavonoid, carotenoid content. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(8), 299–303.
- Fitri, A. A. (2022). Studi pengujian gugus fungsi (ftir) biopolimer dari kulit singkong untuk meningkatkan viskositas air formasi sebagai bahan alternatif dalam mengatasi water coning. In *Braz Dent J*. Universitas Islam Riau.
- Fitria, A. N., & Zulaika, E. (2019). Aklimatisasi pH dan Pola Pertumbuhan *Bacillus cereus* S1 pada Medium MSM Modifikasi. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.36788>
- Fitriyah, A., Ariyanti, E. E., Damanhuri, & Kuswanto1). (2017). Pengelompokan 30 Kultivar Pisang (*Musa spp.*) Berdasarkan Genom dan Hubungan

- Kekerabatannya. *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(4), 568–575.
- Galintin, O., Rasit, N., & Hamzah, S. (2021). Production and characterization of eco enzyme produced from fruit and vegetable wastes and its influence on the aquaculture sludge. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(3), 10205–10214. <https://doi.org/10.33263/BRIAC113.1020510214>
- Hadzqi, I. (2018). *Peningkatan Total Solid Pada Kolam Tanah Pmk Dengan Umur 1 - 20 Tahun Yang Dipelihara Ikan Patin (Pangasius Hypophthalmus) Secara Intensif*. Universitas Riau Pekanbaru.
- Hamidah, M. N., Rianingsih, L., & Romadhon. (2019). Aktivitas Antibakteri Isolat Bakteri Asam Laktat dari Peda dengan Jenis Ikan Berbeda Terhadap *E. coli* dan *S. aureus*. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan*, 1(2), 11–21.
- Hanum, H., & Guchi, H. (2016). Pengaruh pupuk anorganik dan organik terhadap sifat kimia tanah di lahan sawah dengan sistem tanam sri dan konvensional. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, 267–273.
- Hapsari, L., & Masrum, A. (2012). Preliminary screening resistance of *Musa* germplasm for banana bunchy top disease in Purwodadi Botanic Garden, Pasuruan, East Java. *Buletin Kebun Raya*, 15(2), 57–70.
- Hemalatha, M., & Visantini, P. (2020). Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 716(1), 12–16. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/716/1/012016>
- Hulte, M. van, Chatterjee, S., & Burg, H. A. van den. (2019). Infection Assay for *Xanthomonas campestris pv. campestris* in Arabidopsis thaliana Mimicking Natural Entry via Hydathodes. *Methods in Molecular Biology (Clifton, N.J.)*, 1991, 159–185. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9458-8_16
- Hutchison, E., Miller, D., & Angert, E. (2016). Sporulation in Bacteria: Beyond the Standard Model. In *The Bacterial Spore: from Molecules to Systems*, (Vol. 2, Issue 5, pp. 87–102). <https://doi.org/10.1128/9781555819323.ch4>
- Islam, M. R., Kamal, M. M., Kabir, M. R., Hasan, M. M., Haque, A. R., & Hasan, S. M. K. (2023). Phenolic compounds and antioxidants activity of banana peel extracts: Testing and optimization of enzyme-assisted conditions. *Measurement: Food*, 10, 100085. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meaf00.2023.100085>
- Jafar, W., Masriany, & Sukmawaty, E. (2020). Uji fitokimia ekstrak etanol bunga pohon hujan (*Spathodea campanulata*) secara in vitro. *Prosiding Seminar Nasional Biotik 2020*, 328–334.
- Kamila, Z. A., Mulyadi, H., & Haryono, N. Y. (2022). Optimasi Pembuatan Ekoenzim dari Limbah Kulit Kopi dan Pepaya. *Live and Applied Science*, 1, 129–137.
- Khong, C. H., Lee, M. L. Y., Ahmad, I., & Phang, S. W. (2021). Development of grafted rubber/polyaniline/carboxymethyl cellulose film as green conductive

- polymer film. *Polymer Bulletin*, 79(6), 3829–3846.
<https://doi.org/10.1007/s00289-021-03689-8>
- Lim, Y. Y., Lim, T. T., & Tee, J. J. (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food Chemistry*, 103(3), 1003–1008.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.038>
- Lombard, L., van der Merwe, N. A., Groenewald, J. Z., & Crous, P. W. (2015). Generic concepts in Nectriaceae. *Studies in Mycology*, 80, 189–245.
<https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.12.002>
- Lumoly, F. S., Emmy, S., & S.J, M. G. (2016). Insidensi penyakit busuk hitam pada tanaman brokoli (*Brassica oleracea var. italica*) di tomohon. *Cocos*, 7(4), 1–15.
- Lumowa, S. V. T., & Bardin, S. (2018). Uji fitokimia kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca* L.) bahan alam sebagai pestisida nabati berpotensi menekan serangan serangga hama tanaman umur pendek. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 1(9), 465–469.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Stahl, D. A., & Clark, D. P. (2012). *Biology of Microorganisms*. Benjamin Cummings.
- Magvirah, T., Marwati, & Ardhani, F. (2019). Uji Daya Hambat Bakteri *Staphylococcus aureus* Menggunakan Ekstrak Daun Tahongai (*Kleinhovia hospita* L.). *Jurnal Peternakan Lingkungan Tropis*, 2(2), 41–50.
- Mahdia, A., Safitri, P. A., R. F. Setiarini, V. F. A. Maherani, M. N. Ahsani, & M. S. Soenarno. (2022). Analisis keefektifan ekoenzim sebagai pembersih kandang ayam dari limbah buah jeruk (*Citrus* sp.). *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 10(1), 42–46.
<https://doi.org/10.29244/jipthp.10.1.42-46>
- Marsodinata, L. (2022). *Skrining Fitokimia pada Ecoenzyme dari Bahan Organik Kulit Jeruk*. Universitas Negeri Padang.
- Mavani, H. A. K., Tew, I. M., Wong, L., Yew, H. Z., Mahyuddin, A., Ghazali, R. A., & Pow, E. H. N. (2020). Antimicrobial efficacy of fruit peels eco-enzyme against *Enterococcus faecalis*: An in vitro study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 1–12.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17145107>
- Mengko, K. R., Wewengkang, D. S., & Rumondor, E. M. (2022). Uji aktivitas ekstrak etanol spons *Theonella swinhoei* terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *PHARMACON*, 11(1), 1231–1236.
- Mokbel, M. S., & Hashinaga, F. (2005). Antibacterial and antioxidant activities of banana (*Musa*, AAA cv. Cavendish) fruits peel. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 1(3), 125–131.
<https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2005.125.131>
- Montelongo, R. G., Lobo, M. G., & González, M. (2010). Antioxidant activity in

- banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds. *Food Chemistry*, 119(3), 1030–1039.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.012>
- Muizuddin, M., & Zubaidah, E. (2015). Studi aktivitas antibakteri kefir teh daun sirsak (*Annona muricata* Linn.) dari berbagai merk teh daun sirsak dipasaran. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(4), 1662–1672.
- Napitupulu, H. G., Rumengan, I. F. M., Wullur, S., Ginting, E. L., Rimper, J. R. T. S. L., & Toloh, B. H. (2019). *Bacillus* sp. Sebagai Agensia Pengurai Dalam Pemeliharaan *Brachionus rotundiformis* Yang Menggunakan Ikan Mentah Sebagai Sumber Nutrisi. *Jurnal Ilmiah Platax*, 7(1), 158–169.
<https://doi.org/10.35800/jip.7.1.2019.22627>
- Nasrahwati. (2021). *Uji in vitro aktivitas antibakteri ekstrak daun majapahit (Crescentia cujete l.) dalam menghambat pertumbuhan Salmonella typhi*. UIN Alauddin Makassar.
- Ness, B. D. (2003). *Magill's Encyclopedia of Science: Plan Life Volume 4*. Salem Press, Inc.
- Nguyen, T., Fourné, I., Favre, C., Barois, C., Congiu, E., Baouche, S., Guillemin, J. C., Ellinger, Y., & Dulieu, F. (2019). Formation of amines: Hydrogenation of nitrile and isonitrile as selective routes in the interstellar medium. *Astronomy and Astrophysics*, 628. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/201935127>
- Novianti, A., & Muliarta, I. N. (2021). Eco-enzym based on household organic waste as multi-purpose liquid. *Agriwar Journal*, 1(1), 12–17.
<https://doi.org/10.22225/aj.1.1.3655.12-17>
- Novianto. (2022). Response of liquid organic fertilizer eco enzyme (ee) on growth and production of shallot (*Allium ascalonicum*. L). *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika*, 4(1), 147–154. <https://doi.org/10.36378/juatika.v4i1.1782>
- Nugraheni, E. S. (2010). *Karakterisasi biologi isolat-isolat Fusarium sp pada tanaman cabai merah (Capsicum annum L.) asal boyolali*. Universitas Sebelas Maret.
- Nuraina. (2015). *Uji aktivitas antimikroba ekstrak daun Garcinia benthami pierre dengan metode dilusi*. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Nuriyanto, S. (2018). *Uji Perbedaan Komposisi BAP dan NAA Terhadap Pertumbuhan Tunas Pisang Raja Bulu Kuning (Musa paradisiaca. L) Melalui Kultur In Vitro*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Pelczar, M. J., & Chan, E. C. S. (2008). *Elements of Microbiology* (1st ed.). UI-Press.
- Prakoso, B., Istiqomah, D., & Widarawati, R. (2022). Karakteristik Kimia Ekoenzim Kombinasi Limbah Bebuahan dan Sayuran. *Pengembangan Sumber Daya Perdesaan Dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XII*, 102–106.
- Prastiwi, I. A. (2017). *Pengujian efektivitas kitosan terhadap penyakit layu*

Fusarium (Fusarium sp.) pada tanaman tomat (Solanum lycopersicum L.). Universitas Jember.

- Pratamaningtyas, S., Wardhani, T., & Suprihana. (2021). Study on phosphate solubilizing bacteria from banana pseudostem IMO as biofertilizer on system of rice intensification. *Journal of Physics: Conference Series*.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1908/1/012005>
- Prihatiningsih, N., Djatmiko, H. A., & Lestari, P. (2017). Aktivitas siderofor *Bacillus subtilis* sebagai pemacu pertumbuhan dan pengendali patogen tanaman terung. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 17(2), 170.
<https://doi.org/10.23960/j.hptt.217170-178>
- Puspitasari, D. A. D., Sudiarta, I. P., & Sudarma, I. M. (2021). Identifikasi bakteri penyebab penyakit utama pada tanaman hidroponik. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 10(3), 294–307.
- Rahmawati, Y. (2012). *Eksplorasi bakteriofage virulen terhadap Xanthomonas campestris pv. campestris asal tawangmangu dalam pengendalian penyakit busuk hitam kubis*. Universitas Sebelas Maret.
- Rahmi, A., Hardi, N., & Hevira, L. (2021). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Pisang Kepok, Pisang Mas dan Pisang Nangka Menggunakan Metode DPPH. *Jurnal Ilmu Farmasi Dan Farmasi Klinik (JIFFK)*, 18(2), 77–84.
- Ramadani, A. H., Karima, R., & Ningrum, R. S. (2022). Antibacterial activity of pineapple peel (*Ananas comosus*) eco-enzyme against acne bacterias (*Staphylococcus aureus* and *Prapionibacterium acnes*). *Indo. J. Chem. Res.*, 9(3), 201–207. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2022.9-nin>
- Ramadani, A. H., Rosalina, R., & Ningrum, R. S. (2019). Pemberdayaan kelompok tani dusun puhrejo dalam pengolahan limbah organik kulit nanas sebagai pupuk cair eco-enzim. *Prosiding Seminar Hayati VII*, 1(6), 222–227.
- Ramadani, R., Samsunar, S., & Utami, M. (2021). Analisis suhu, derajat keasaman (pH), *chemical oxygen demand* (COD), dan *biological oxygen demand* (BOD) dalam air limbah domestik di dinas lingkungan hidup sukoharjo. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(1), 12–22.
<https://doi.org/10.20885/ijcr.vol6.iss1.art2>
- Rebello, L. P. G., Ramos, A. M., Pertuzatti, P. B., Barcia, M. T., Castillo-Muñoz, N., & Hermosín-Gutiérrez, I. (2014). Flour of banana (*Musa AAA*) peel as a source of antioxidant phenolic compounds. *Food Research International*, 55, 397–403. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.039>
- Rini, I. A., Oktaviani, I., Asril, M., Agustin, R., & Frima, F. K. (2020). Isolasi dan karakterisasi bakteri penghasil iaa (*indole acetic acid*) dari rhizosfer tanaman akasia (*Acacia mangium*). *Agro Bali: Agricultural Journal*, 3(2), 210–219.
<https://doi.org/10.37637/ab.v3i2.619>
- Rochman, R. A., Wahyuningsih, S., Ramelan, A. H., & Hanif, Q. A. (2019). Preparation of nitrogen and sulphur Co-doped reduced graphene oxide (rGO-NS) using N and S heteroatom of thiourea. *IOP Conference Series: Materials*

- Science and Engineering*, 509(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/509/1/012119>
- Rochyani, N., Utpalasari, R. L., & Dahliana, I. (2020). Analisis hasil konversi eco enzyme menggunakan nenas (*Ananas comosus*) dan pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Redoks*, 5(2), 135–140.
- Roska, T. P., Sahati, S., Fitrah, A. D., Juniarti, N., & Djide, N. (2018). Efek sinergitas ekstrak kulit jeruk (*Citrus sinensis* L) pada patch bioselulosa dalam meningkatkan penyembuhan luka bakar. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy) (e-Journal)*, 4(2), 87–92. <https://doi.org/10.22487/j24428744.2018.v4.i2.10472>
- Rubin, M. B., & Friedrich, C. (2001). The history of ozone. the schönbein period , 1839-1868. *Technion-Israel Institute of Technology*, 26(1), 40–56.
- Safitri, F. N., & Tukiran. (2020). Uji aktivitas antijamur ekstrak diklorometana kulit batang jambu semarang (*Syzygium samarangense*) terhadap *Candida albicans*. *UNESA Journal of Chemistry*, 9(2), 111–115.
- Salsabila, A. Z. (2023). *Karakter Biokimia Ekoenzim dari Kulit Pisang Kepok Manado (Musa paradisiaca var. formatypica) Muda dan Daya Hambatnya Pada Fusarium sp. dan Xanthomonas campestris*. Universitas Lampung.
- Saramanda, G., & Kaparapu, J. (2017). Antimicrobial activity of fermented citrus fruit peel extract. *Int. Journal of Engineering Research and Application*, 7(11), 25–28. <https://doi.org/10.9790/9622-0711072528>
- Sari, N. mandan, Kawuri, R., & Khalimi, K. (2012). Streptomyces sp. sebagai biofungisida patogen *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) f.sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyd. et Hans. penyebab penyakit layu pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, 2(2), 161–169.
- Septiani, U., Najmi, & Oktavia, R. (2021). Eco Enzyme : Pengolahan Sampah Rumah Tangga Menjadi Produk Serbaguna di Yayasan Khazanah Kebajikan. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat>
- Setyowati, W. A. E., Ariani, S. R. D., Ashadi, Mulyani, B., & Rahmawati, C. P. (2014). Skrining fitokimia dan identifikasi komponen utama ekstrak metanol kulit durian (*Durio zibethinus* murr.) varietas petruk. *Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 271–280.
- Shin, S. H., Lim, Y., Lee, S. E., Yang, N. W., & Rhee, J. H. (2001). CAS agar diffusion assay for the measurement of siderophores in biological fluids. *Journal of Microbiological Methods*, 44(1), 89–95. [https://doi.org/10.1016/S0167-7012\(00\)00229-3](https://doi.org/10.1016/S0167-7012(00)00229-3)
- Shinta, D. (2017). Pengaruh BAP dan kinetin terhadap pertumbuhan tunas pisang barangan (*Musa paradisiaca* l.) secara in vitro. *Scientia Hort*, 31.
- Siadi, K. (2012). Ekstrak bungkil biji jarak pagar (*Jatropha curcas*) sebagai biopestisida yang efektif dengan penambahan larutan NaCl. *Jurnal MIPA*

Unnes, 35(1), 77–83.

- Sintha, D. (2017). *Pengaruh BAP Dan Kinetin Terhadap Pertumbuhan Tunas Pisang Barangan (Musa paradisiaca L.) Secara In Vitro*. Universitas Bengkulu.
- Soesetyaningsih, E., & Azizah. (2020). Akurasi Perhitungan Bakteri pada Daging Sapi Menggunakan Metode Hitung Cawan. *Berkala Sainstek*, 8(3), 75–79. <https://doi.org/10.19184/bst.v8i3.16828>
- Sogani, M., Sonu, K., Syed, Z., & Rajvanshi, J. (2023). Preparation of biofertilizer blend from banana peels along with its application in agriculture and plant microbial fuel cell. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1151, Issue 1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1151/1/012034>
- Speeleveld, E., Gordts, B., Van Landuyt, H. W., De Vroey, C., & Raes-Wuytack, C. (1996). Susceptibility of clinical isolates of *Fusarium* to antifungal drugs. *Mycoses*, 39(1–2), 37–40. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.1996.tb00081.x>
- Sulaiman, S. F., Yusoff, N. A. M., Eldeen, I. M., Seow, E. M., Sajak, A. A. B., Supriatno, & Ooi, K. L. (2011). Correlation between total phenolic and mineral contents with antioxidant activity of eight Malaysian bananas (*Musa* sp.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(1), 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.04.005>
- Suparmi. (2013). Kulit Pisang Ambon Kuning: Sumber Vitamin A Potensial. *SULTAN AGUNG Vol.*, L(130), 31–45.
- Supriyani, Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Pengaruh variasi gula terhadap produksi ekoenzim menggunakan limbah buah dan sayur. *Seminar Nasional Edusainstek*, 470–479.
- Suryaningtyas, W. Y. (2017). *Aktivitas antibakteri ekstrak kasar kerang hijau (Perna viridis) dengan pelarut n-heksan terhadap Streptococcus pyogenes dan Salmonella typhi*. Universitas Brawijaya.
- Taufiq, A., & Maulana, F. M. (2015). Sosialisasi sampah organik dan non organik serta pelatihan kreasi sampah. *Jurnal Inovasi Dan Kewirausahaan*, 4(1), 68–73. <https://journal.uin.ac.id/ajie/article/view/7898>
- Tsamo, C. V. P., Herent, M. F., Tomekpe, K., Emaga, T. H., Leclercq, J. Q., Rogez, H., Larondelle, Y., & Andre, C. (2015a). Phenolic profiling in the pulp and peel of nine plantain cultivars (*Musa* sp.). *Food Chemistry*, 167, 197–204. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.095>
- Tsamo, C. V. P., Herent, M. F., Tomekpe, K., Emaga, T. H., Leclercq, J. Q., Rogez, H., Larondelle, Y., & Andre, C. (2015b). Phenolic profiling in the pulp and peel of nine plantain cultivars (*Musa* sp.). *Food Chemistry*, 167, 197–204. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.095>
- Tukiran, Wardana, A. P., Nurlaila, E., Santi, A. M., & Hidayati, N. (2016).

Analisis awal fitokimia pada ekstrak metanol kulit batang tumbuhan *Syzygium* (myrtaceae). *Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Workshop 2016*.

- Tyas, I. N. (2008). *Pemanfaatan kulit pisang inokulum nakteri pelarut fosfat sebagai bahan pembawa*. Universitas Sebelas Maret.
- Ulfiyati, N., & Zulaika, E. (2015). Isolat *Bacillus* pelarut fosfat dari Kalimas Surabaya. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(2), 2337–3520.
- Utami, N., Auliah, A., & Dini, I. (2022). Studi Kandungan Senyawa Metabolit Sekunder beberapa Ekstrak Tai Anging (*Usnea* sp.) dan Uji Bioaktivitasnya terhadap (*Candida albicans*). *Jurnal Chemica*, 23(1), 90–98. <https://doi.org/10.35580/chemica.v23i1.34077>
- Verma, S., & Dutta, R. K. (2015). A facile method of synthesizing ammonia modified graphene oxide for efficient removal of uranyl ions from aqueous medium. *RSC Advances*, 5(94), 77192–77203. <https://doi.org/10.1039/c5ra10555b>
- Verma V., K., J., & B., M. (2012). Study of siderophore formation in nodule-forming bacterial species. *Research Journal of Chemical Sciences Res.J.Chem. Sci*, 2(11), 2231–2606.
- VH, E. S., Mulyani, S., Ariani, S. R. D., Utomo, S. B., & Antrakusuma, B. (2021). Phytochemical screening of honey pineapple peel extract and its application as an antibacterial additive in dish soap formulation. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 6(1), 49. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v6i1.45444>
- Vicente, J. G., & Holub, E. B. (2013). *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris* (cause of black rot of crucifers) in the genomic era is still a worldwide threat to brassica crops. *Molecular Plant Pathology*, 14(1), 2–18. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00833.x>
- Vu, H. T. (2020). Encapsulation of phenolic-rich extract from banana (*Musa cavendish*) peel. *Journal of Food Science and Technology*, 57(6), 2089–2098. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04243-6>
- Vu, H. T., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. (2016). Optimization of ultrasound-assisted extraction conditions for recovery of phenolic compounds and antioxidant capacity from banana (*Musa cavendish*) peel. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(5), 1–14. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13148>
- Winarti, Kusriani, D., & Fachriyah, E. (2009). Isolasi, identifikasi dan uji aktivitas antibakteri minyak atsiri akar sidaguri (*Sida rhombifolia* Linn). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 12(2), 52–56.
- Wiryono, B., Muliatiningsih, M., & Dewi, E. S. (2020). Pengelolaan Sampah Organik di Lingkungan Bebidas. *Jurnal Agro Dedikasi Masyarakat (JADM)*, 1(1), 15–21.
- Yulianto, H. D. K., & Morita. (2014). Potensi herbal buah mahkota dewa

- (*Phaleria macrocarpa* (scheff.) boerl) yang dimanfaatkan sebagai modifikator permukaan dan anti-adhesi bakteri *s.mutans* pada permukaan material restorasi resin komposit. *Dentika Dental Journal*, 18(2), 158–164.
- Yunianto, F. (2019). *Isolasi dan Identifikasi Jamur Patogen Penyebab Penyakit Sigatoka Pada Pisang*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Yunita, M., Hendrawan, Y., & Yulianingsih, R. (2015). Analisis Kuantitatif Mikrobiologi Pada Makanan Penerbangan (Aerofood ACS) Garuda Indonesia Berdasarkan TPC (*Total Plate Count*) dengan Metode Pour Plate. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 3(3), 237–248.
- Zaini, H. M., Roslan, J., Saallah, S., Munsu, E., Sulaiman, N. S., & Pindi, W. (2022). Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry. *Journal of Functional Foods*, 92, 105054. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.105054>
- Zakaria, A., Sauri, S., Fadela, D. M., & Wardhani, P. S. A. (2021). Efisiensi penurunan Kadar COD, TSS, dan TDS pada air limbah industri pangan menggunakan koagulan poly alumunium chloride dengan metode jar test. *Warta Akab*, 45(2), 98–104. <https://doi.org/10.55075/wa.v45i2.60>
- Zega, E. R. S. (2019). *Efektivitas pemanfaatan Trichoderma spp dalam pengendalian fusarium sp pada tanaman bawang merah (Allium cepa)*. Universitas Medan Area.
- Zuraidah, Rosyidah, L. N., & Zulfi, R. F. (2022). Edukasi Pengelolaan dan Pemanfaatan Sampah Anorganik di Mi Al Munir Desa Gadungan Kecamatan Puncu Kabupaten Kediri. *Jurnal BUDIMAS*, 04(02), 1–6.