

**PEMBERIAN EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK MANADO
MUDA (*Musa x paradisiaca*) UNTUK MENEKAN PERTUMBUHAN
BAKTERI (*Xanthomonas campestris*) DAN JAMUR (*Fusarium* sp.)
PADA TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)**

(Skripsi)

Oleh

**NESI INDAH MUAUWANAH
NPM. 1957061002**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI TERAPAN
JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**PEMBERIAN EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK
MANADO MUDA (*Musa x paradisiaca*) UNTUK MENEKAN
PERTUMBUHAN BAKTERI (*Xanthomonas campestris*) DAN
JAMUR (*Fusarium* sp.) PADA TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus
vulgaris* L.)**

Oleh

NESI INDAH MUAUWANAH

(Skripsi)

**Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Prodi Biologi Terapan
Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**PRODI BIOLOGI TERAPAN
JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PEMBERIAN EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK MANADO MUDA (*Musa x paradisiaca*) UNTUK MENEKAN PERTUMBUHAN BAKTERI (*Xanthomonas campestris*) DAN JAMUR (*Fusarium* sp.) PADA TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)

Oleh

NESI INDAH MUAUWANAAH

Ekoenzim merupakan cairan hasil fermentasi berbahan limbah organik, air, dan sumber gula. Ekoenzim memiliki banyak manfaat salah satunya dapat digunakan sebagai pestisida organik. Dalam penelitian ini kulit pisang kepok (*Musa x paradisiaca*) digunakan sebagai bahan untuk pembuatan ekoenzim. Kulit pisang kepok mengandung senyawa aktif flavonoid, alkaloid, tanin, saponin dan terpenoid yang berpotensi sebagai anti jamur maupun anti bakteri penyakit yang menginfeksi tanaman. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui daya hambat ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok muda (*Musa x paradisiaca*) terhadap keparahan penyakit dan laju pertumbuhan tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) yang diinfeksi *Fusarium* sp. atau *Xanthomonas campestris*. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu, pembuatan ekoenzim, penyiapan mikroba uji, uji *in vivo* daya hambat terhadap pertumbuhan *Xanthomonas campestris* dan *Fusarium* sp. pada tanaman buncis. Uji daya hambat dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan 2 perlakuan yaitu cara pemberian ekoenzim terdiri dari perlakuan kontrol (K), E1, E2 dan mikroba uji yaitu *Xanthomonas campestris* (X) dan *Fusarium* sp. (F). Data yang diamati terdiri dari parameter pertumbuhan, keterjadian penyakit, dan Intensitas keparahan penyakit. Data akan dianalisis menggunakan aplikasi Minitab seri 20, dilanjutkan dengan analisis *Tukey* pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh pemberian ekoenzim dari kulit pisang kepok muda (*Musa x paradisiaca*) terbaik diperoleh dari perlakuan E2X yaitu pemberian ekoenzim dengan konsentrasi 50% pada bakteri *Xanthomonas campestris*. Pemberian ekoenzim mampu menekan pertumbuhan patogen mikroba secara *in vivo* dan meningkatkan laju pertumbuhan tanaman buncis yang diinfeksi *Xanthomonas campestris* dan *Fusarium* sp.

Kata kunci : Ekoenzim, Kulit pisang kepok, *X.campestris*, *Fusarium* sp.

Judul Skripsi : **PEMBERIAN EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK MANADO MUDA (*Musa x paradisiaca*) UNTUK MENEKAN PERTUMBUHAN BAKTERI (*Xanthomonas campestris*) DAN JAMUR (*Fusarium sp.*) PADA TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus vulgaris L.*)**

Nama Mahasiswa : **Nesi Indah Muauwanah**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1957061002**

Program Studi : **S1 Biologi Terapan**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

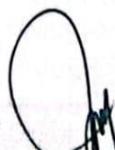
Pembimbing 1


Rochmah Agustrina, Ph.D.
NIP 19610803 198902 2 001

Pembimbing 2


Achmad Arifiyanto, S.Si., M.Si.
NIP 19901130 201903 1 013

2. Ketua Jurusan Biologi


Dr. Jani Mater, S.Si., M.Si.
NIP 19830131 200812 1 001

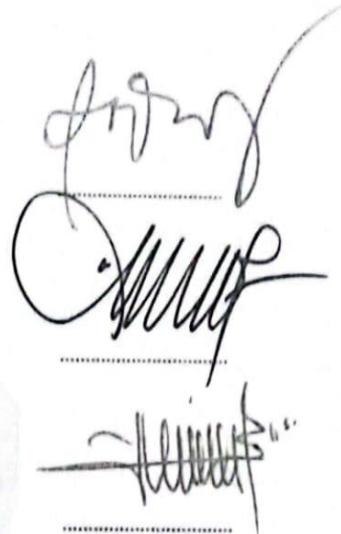
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua Penguji : Rochmah Agustrina, Ph.D.

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

Anggota : Dra. Yulianty, M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 19711001 200501 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 Juni 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nesi Indah Muauwanah

NPM : 1957061002

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukan hasil plagiat karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 21 Juni 2023
Pembuat pernyataan,


Nesi Indah M
NPM.1957061002



RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Gunung Agung, Tulang Bawang Barat, Lampung pada tanggal 5 November 2000, sebagai anak bungsu dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Misdianto dan Ibu Saripah.

Penulis menempuh Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 01 Sukajaya pada tahun 2007-2013. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan pada tingkat Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 01 Gunung Agung, Tulang Bawang Barat pada tahun 2013-2016 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 01 Gunung Agung, Tulang Bawang Barat, Lampung pada tahun 2016-2019. Tahun 2019 penulis resmi terdaftar sebagai mahasiswi di prodi Biologi Terapan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN Barat). Penulis menyelesaikan Pendidikan pada perguruan tinggi dan meraih gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada tahun 2023.

Selama Perkuliahan, penulis pernah menjadi anggota bidang Kaderisasi dan Kepemimpinan di Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) FMIPA Unila. Penulis juga pernah menjadi anggota Hubungan Masyarakat di Unit Kegiatan Mahasiswa Pramuka (UKM Pramuka) Unila pada tahun 2019-2021. Penulis pernah menjadi anggota Remaja Masjid (Risma) di Masjid Al-muttaqin, Labuhan Ratu, Kedaton, Bandar Lampung pada tahun 2020-2022. Penulis pernah menjadi Asisten Botani, Zoologi, Mikroteknik Tumbuhan, Kultur Jaringan, dan Rekayasa Genetika di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Pada awal tahun 2022, penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Pelatihan Pertanian Lampung (BPPL Lampung), Natar, Lampung Selatan, Lampung dengan judul “Karakterisasi Morfologi Tanaman Alpukat (*Persea americana* L.) Di Balai Pelatihan Pertanian Lampung (BPPL Lampung). Bulan Juli 2023 penulis melaksanakan program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Wana, Melinting, Lampung Timur, Lampung selama 40 hari. Pada akhir tahun 2022 penulis melaksanakan penelitian selama 2 bulan di Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

MOTTO HIDUP

“Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti aku akan menambah (nikmat) kepadamu, namun jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangatlah pedih.”

(Q.S. Ibrahim: 7)

“Ketahuilah bahwa sesungguhnya dunia itu terlaknat dan terlaknat pula isinya kecuali berdzikir kepada Allah dan ketaatan kepada-Nya, orang-orang berilmu, dan orang yang mau belajar”

(H.R. At-Tirmidzi 2322)

“Tidak ada mimpi yang terlalu tinggi. Tidak ada mimpi yang patut untuk diremehkan. Lambungkan setinggi yang kau inginkan dan gapailah dengan seleyaknya yang diharapkan”

(Maudy Ayunda)

Semua kesulitan yang Allah berikan kepada hamba-Nya untuk menjadikan manusia memiliki hati yang kuat lewat kesabaran dan ketabahan. Tekanan-tekanan dari kehidupan sudah seharusnya digunakan sebagai pacuan untuk melompat lebih tinggi. Orang-orang yang berjuang meraih mimpinya tanpa Privilege (hak istimewa) sudah pasti memiliki hati yang besar.

“Not dream according to reality, but adjust reality to your dreams”

(Gully boy)

“Hasbunallah Wanimal Wakil Nikmal Maula Wanikman Nasir”

“There is Always goodness in giving no matter how little”

(Ali Bin Abi Tholib)

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Bacalah dengan menyebut nama Tuhanmu
Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah
Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan? (Qs:Ar-Rahman 13)
Janganlah bersedih, sesungguhnya Allah bersama kita (Qs: Al-Taubah 40)
Allah tidak kan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya (Qs: Al-Baqarah 286)
Niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberikan ilmu beberapa derajat (Qs: Al-Mujadilah 11)

Ya Allah,

Waktu yang sudah kujalani dengan jalan hidup yang sudah menjadi takdirku, sedih, bahagia, dan bertemu orang-orang yang memberiku banyak pengalaman, yang telah memberi lika-liku kehidupan. Kubersujud dihadapan Mu, Engkau berikan aku kesempatan untuk bisa sampai di penghujung awal perjuanganku segala puji bagimu ya Allah,

Alhamdulillah...alhamdulillah...alhamdulillahirobbi'alamin..

Sujud syukurku atas takdirmu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berpikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani warna-warni kehidupan ini. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk menggapai daftar-daftar impianku dengan izinmu yang ingin aku wujudkan sebelum aku melepas masa lajangku.

Kupersembahkan sebuah karya kecil ku ini untuk orang-orang hebat di dalam hidup ku, bapak, ibu dan mamas-mamas yang telah membesarkan ku dengan kedua tangan emasnya, yang tiada pernah hentinya selama ini memberiku semangat, do'a, motivasi, nasihat, kasih sayang yang melimpah, perjuangan, serta pengorbanan yang tak tergantikan untuk aku meraih satu demi satu impianku, senyum mereka yang membuat ku selalu kuat dan tabah menjalani setiap kesulitan, rintangan

dan tantangan yang Allah ujikan kepada ku, pak, mak, mas muid, mas bajar dan mas zenu terimalah hadiah kecil ini sebagai bentuk hormat, bakti, cinta dan kasih sayang dari putri dan adik kecil mu untuk membalas semua hal-hal baik yang telah kalian berikan kepada ku.

Dalam silah di lima waktu mulai fajar terbit hingga terbenam,,, seraya tanganku menadah..”Ya Allah ya Rohman ya Rahim... Terima kasih telah kau tempatkan aku diantara kedua malaikat mu yang setiap waktu ikhlas menerimaku, menjagaku, mendidikku, membimbingku, dengan baik, ya Allah terima kasih engkau telah tetapkan hatiku pada keimananMu, ya Allah berikanlah balasan setimpal syurga firdaus untuk mereka dan jauhkanlah mereka nanti dari panasnya api neraka .

Hidupku terlalu berat untuk mengandalkan diri sendiri tanpa melibatkan bantuan Allah SWT dan orang lain. Terima kasih ku kepada teman-temanku selama kuliah dan penelitian, yang selalu memberikan motivasi, nasihat, dukungan, canda, dan tawa sehingga membuat ku semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Goni, Mutia, ayuni dkk dan teman angkatan 19 lainnya. Terima kasih kawan-kawanku, kalian telah memberikan banyak hal yang tak terlupakan kepadaku. Semoga kelak kita bisa bertemu di syurgaNya. Amiin.

Buat seseorang yang masih menjadi rahasia illahi, yang singgah ataupun yang sempat berjumpa, seseorang yang telah setia menantiku jauh disana, terima kasih semuanya yang pernah tercurah untukku, untuk mas Hendra lesdianto percayalah hanya namamu yang ku sebut dalam do'a terima kasih atas kesetiaan mu menunggu ku, semoga keyakinan dan takdir ini terwujud. Semoga kita dipertemukan atas ridho dan Izin Allah SWT pada waktunya nanti.

SANWACANA

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillahirobbilalamin penulis haturkan kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“PEMBERIAN EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK MANADO MUDA (*Musa x paradisiaca*) UNTUK MENEKAN PERTUMBUHAN BAKTERI (*Xanthomonas campestris*) DAN JAMUR (*Fusarium sp.*) PADA TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)”**. Penulisan Skripsi ini dapat terselesaikan kerana bantuan dari berbagai pihak yang telah memberi dukungan, arahan, bimbingan, semangat, kritik, saran, ilmu, ide, nasehat, dan motivasi. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M. selaku rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengatahuan Alam Universitas Lampung.
3. Ibu Rochmah Agustrina, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan ilmu pengatahuan, bimbingan, nasihat, kritik, saran, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi.
4. Bapak Achmad Arifyanto, S.Si., M.Si. selaku dosen Pembimbing II yang telah membimbing dengan sabar, memberikan ilmu pengatahuan, semangat, motivasi, nasihat, arahan, kritik, dan saran dalam perkuliahan dan penyusunan skripsi.

5. Ibu Dra. Yulianty, M.Si. selaku dosen Pembahas yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengarahan, kritik, dan saran dalam perkuliahan dan penyusunan skripsi.
6. Bapak Dr. Jani Master, M.Si. selaku ketua jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Ibu Gina Dania Pratami, S.Si., M.Si selaku ketua Prodi S1-Biologi Terapan atas ilmu pengetahuan, bimbingan, nasihat, dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun penyusunan skripsi.
8. Bapak Priyambodo, M.Sc. selaku pembimbing akademik.
9. Ibu Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si. selaku Kepala Laboratorium Botani, FMIPA, Universitas Lampung dan mbak Dhiny Sunty Putri, S.P., M.P. selaku laboran yang telah mengizinkan, membantu, serta memberikan semangat kepada penulis ketika melaksanakan penelitian di Laboratorium Botani.
10. Kedua Orangtuaku tercinta, bapak Misdianto dan ibu Saripah, yang selalu memberikan cinta dan kasih sayangnya tanpa batas, memberikan do'a disetiap sujudnya, semangat, motivasi, dan dukungan baik moril dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas perjuangan dan segala hal baik yang diberikan kepada penulis.
11. Ketiga kakakku tersayang, Zenu Sapti Aristiyan, S.Kep, Bajar Koni Aguspan, S.pd., dan Mu'id Sawalludin, S.T. yang selalu memberikan do'a, dukungan, nasihat, dan motivasi. Terima kasih sudah menjadi sahabat dan pelindung yang menemani perjuangan penulis dalam perkuliahan dan penyusunan skripsi.
12. Mas Hendra Lesdianto yang senantiasa memberikan do'a, semangat, menjadi penasihat yang baik, dan selalu menemani penulis dengan penuh keceriaan selama penyelesaian skripsi ini.

13. Mas Fajar Kurniawan yang telah membantu dan sabar menunggu ketika penulis melaksanakan penelitian di Laboratorium Botani.
14. Teh Lehak yang telah membantu, menemani, mendengarkan kegalauan dan keluhan-keluhan penulis selama perkuliahan dan penyusunan skripsi.
15. Kepada teman-teman seperjuanganku, Goniatun Nurulzolam, Mutia Sari, Ayuni Mitra Sari, Anisa Zahwa, Aminudin, Herlina Putri Prastiwi, Salsabila Balqis, Nurul Apriyani Adinda, Asyifa Az-zahra, dan Roni Setiawan. Terima kasih atas kebersamaan, bantuan, kritik, saran, informasi, nasihat, dan dukungan selama perkuliahan dan penelitian.
16. Seluruh teman-teman Progam Studi Biologi Terapan dan Biologi 2019
17. Maher Zain, Nadia Omara, dan Maudy Ayunda, yang telah memberikan penulis semangat, dan motivasi melalui karya-karyanya.
18. Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu, mempermudah, serta mendo'akan penulis selama perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi ini.
19. Serta almameter tercinta, Universitas Lampung.

Akhir kata penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, penulis berharap semoga skripsi ini dapat diterima, dan memberikan ilmu pengetahuan serta bermanfaat bagi setiap orang yang membacanya. Aaminn.

Bandar Lampung, Juni 2023
Penulis

Nesi Indah M

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK.....	iii
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	6
1.3. Kerangka Pikir.....	6
1.4. Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Pisang Kepok (<i>Musa x paradisiaca</i>)	8
2.1.2 Morfologi dan Taksonomi Tanaman Pisang kepok	8
2.1.1. Manfaat Tanaman Pisang.....	10
2.1.3 Senyawa Aktif dalam Kulit Pisang Kepok.....	12
2.2. Ekoenzim.....	17
2.2.1 Fermentasi Ekoenzim.....	18
2.2. Buncis (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)	18
2.3.1. Morfologi dan Taksonomi Tanaman Buncis (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)..	19
2.3.2. Patogen pada tanaman buncis	21
III. METODE PENELITIAN.....	26
3.1 Waktu dan Tempat	26
3.2. Alat dan Bahan	26
3.2.1. Alat.....	26
3.2.2. Bahan	27
3.3. Rancangan Penelitian	27
3.5 Pelaksanaan Penelitian	31
3.5.1 Pembuatan Ekoenzim.....	31

3.5.2. Pembuatan Media Kultur Mikroba	31
3.5.3. Peremajaan <i>Xanthomonas campestris</i>	32
3.5.4. Peremajaan Jamur <i>Fusarium</i> sp.	32
3.5.5. Pembuatan suspensi bakteri <i>X.campestris</i> pv. <i>campestris</i>	33
3.5.6. Penentuan kepadatan suspensi Jamur <i>Fusarium</i> sp.	33
3.5.7. Pemberian Ekoenzim Pada Tanaman Buncis	34
3.5.8 Pengukuran Parameter yang Diamati.....	34
3.6. Analisis Data	37
1V. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Hasil Penelitian.....	38
4.1.1 Morfologi tanaman buncis	38
4.1.2 Fisiologi pertumbuhan tanaman buncis	43
4.1.2 Serangan Penyakit pada Tanaman Buncis	47
4.2. Pembahasan	52
4.2.1. Morfologi tanaman buncis yang diinfeksi patogen mikroba dan diberi ekoenzim	52
4.2.2. Fisiologis tanaman buncis yang diinfeksi patogen mikroba dan diberi ekoenzim	55
4.2.3. Serangan Penyakit Pada Tanaman Buncis	57
V. KESIMPULAN	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	76

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Unit Perlakuan Percobaan	28
Tabel 2. Tata Letak Penelitian	28
Tabel 3. Kandungan Klorofil Tanaman Buncis.....	45
Tabel 4. Presentase Keterjadian Penyakit.....	49
Tabel 5. Presentase Keparahan Penyakit.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Buah Pisang Kepok	9
Gambar 2. Struktur senyawa tanin	12
Gambar 3. Struktur turunan senyawa alkaloid	12
Gambar 4. Struktur senyawa flavonoid	15
Gambar 5. Struktur senyawa kimia saponin	16
Gambar 6. Tanaman Buncis (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	25
Gambar 7. Penyakit hawar daun	23
Gambar 8. Penyakit layu <i>Fusarium</i> sp.	25
Gambar 9. Bagan alir penelitian	29
Gambar 10. Tinggi Tanaman Buncis.....	39
Gambar 11. Kecepatan Pertumbuhan.....	40
Gambar 12. Luas Daun Tanaman Buncis.....	41
Gambar 13. Berat Segar dan Berat Kering	42
Gambar 14. Kandungan Klorofil.....	43
Gambar 15. Gejala penyakit <i>Xanthomonas campestris</i>	47
Gambar 16. Gejala penyakit <i>Fusarium</i> sp.....	48
Gambar 17. Kurva presentase keterjadian penyakit.....	49
Gambar 18. Keparahan penyakit.....	51

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Ekoenzim merupakan larutan zat organik hasil fermentasi limbah sayuran dan buah-buahan dengan menggunakan gula merah, molase, gula putih, dan air kelapa sebagai sumber substrat (Septiani *et al.*, 2021). Proses pembentukan ekoenzim pada dasarnya menggunakan prinsip fermentasi (Prasetio *et al.*, 2021) Selama pembentukan ekoenzim, bahan organik dari bahan-bahan alam akan diuraikan dengan bantuan oksigen oleh mikroba pada proses fermentasi. Mikroba menguraikan bahan organik seperti karbohidrat menjadi glukosa. Polisakarida akan dipecah menjadi senyawa glukosa melalui proses hidrolisis (Sari *et al.*, 2020) Proses hidrolisis menggunakan katalis berupa asam sulfat dan enzim amylase yang diproduksi oleh mikroba. Mekanisme reaksi hidrolisis terjadi melalui beberapa tahapan proton dari asam beraksi dengan ikatan glikosida, oksigen yang menghubungkan dua molekul glukosa akan membentuk asam konjugasi, pada proses selanjutnya terjadi pemotongan ikatan C-O dan pemecahan asam konjugat menjadi cincin ion karbonium, penambahan H₂O akan melepaskan molekul glukosa dan proton. Glukosa diserap oleh mikroorganisme sebagai sumber energi, kemudian energi digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangannya (Paramita *et al.*, 2012).

Ekoenzim memiliki banyak manfaat, di antaranya untuk kesehatan dan sanitasi. Selama fermentasi, karbohidrat yang terkandung dalam limbah organik juga diubah menjadi asam volatile dan asam-asam lainnya melalui proses glikolisis. Asam-asam tersebut yang akan larut dalam cairan

ekoenzim sehingga cairan ekoenzim pun bersifat asam (Septiani *et al.*, 2021) sehingga dapat digunakan sebagai pembersih alami (Maulana *et al.*, 2021) Ekoenzim dapat digunakan sebagai pupuk organik cair karena mengandung asam asetat (H_3COOH), NO_3 (nitrat), dan CO_3 (karbon trioksida) dan unsur hara Ca, Mg, Zn, dan N, P, K untuk kesuburan tanah (Fransiskus *et al.*, 2022) serta dapat dimanfaatkan sebagai pestisida organik. Pestisida adalah zat kimia maupun organik yang digunakan untuk mencegah hama penyakit seperti patogen yang berpotensi merusak tanaman dan mengganggu hasil pertanian.

Ekoenzim mengandung enzim lipase, amylase, dan protease, asam asetat, asam laktat, asam nitrat dan karbonat, serta unsur hara makro dan mikro yang berasal dari senyawa organik oleh tumbuhan (Glinton *et al.*, 2021) Ekoenzim mengandung bakteri asam laktat seperti: *Lactobacillus*, *L. plantarum*, *L. casei*, dan *L. paracasei*. Bakteri ini tumbuh secara alami dengan baik dalam kondisi tanpa memerlukan oksigen. (Rochyani *et al.*, 2020) Ekoenzim juga mengandung bakteri amilolitik yang mampu menguraikan karbohidrat menjadi glukosa dengan memproduksi enzim amylase (Idris, 2016). Contoh-contoh bakteri amilolitik adalah *Bacillus coagulans*, *Bacillus licheniformis*, *Arthrobacter* sp. *Lactobacillus sporogenes*, *Chromobacterium* sp., *Micrococcus roseus*, dan *Pichia anomala* (Naiola, 2008). Hasil penelitian Wibowo *et al.* (2021) menunjukkan bahwa bakteri yang diisolasi dari ekoenzim menunjukkan aktivitas amilolitik yang mampu menghidrolisis pati menjadi media pati. Bakteri tersebut berasal dari sisa-sisa sayuran, buah, dan kulit buah.

Pembuatan ekoenzim memanfaatkan bahan-bahan alami seperti sisa-sisa buah, kulit buah, dan sayuran, dengan menambahkan gula putih (Maulana *et al.*, 2021) atau gula merah (Septiani *et al.*, 2021) molase (Rochyani *et al.*, 2020) Sampai saat ini, pembuatan ekoenzim lebih banyak memanfaatkan limbah kulit buah seperti kulit pisang raja, pisang ambon, dan pisang janten yang berpotensi sebagai pupuk organik dan pestisida.

Pisang kepok (*Musa x paradisiaca*) adalah jenis pisang yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Merupakan jenis pisang olahan. Kulit pisang kepok dapat dijadikan sebagai bahan dasar ekoenzim karena kandungan bahan organiknya masing tinggi dan banyak mengandung senyawa aktif atau metabolit sekunder. Hasil penelitian Diatri *et al.* (2018) membuktikan bahwa kulit pisang kepok mengandung unsur hara nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) terbaik berturut-turut adalah 3.44%; 0.35%; dan 9.85% yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Kulit pisang kepok dan janten mengandung senyawa metabolit sekunder alkaloid, saponin, tanin, dan terpenoid yang berpotensi sebagai anti mikroba.

Penelitian Sonja *et al.* (2017) membuktikan bahwa kulit pisang kepok (*Musa x paradisiaca*) mengandung senyawa aktif flavonoid, alkaloid, tanin, saponin dan triterpenoid terbukti cukup efektif untuk mengurangi organisme pengganggu tanaman, sehingga produk ekoenzim dari kulit pisang kepok berpotensi untuk menghambat pertumbuhan jamur dan bakteri. Hasil penelitian (Yolanda, 2021) membuktikan bahwa ekoenzim dari limbah kulit buah dan sayur mengandung senyawa saponin, tanin, dan terpenoid yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri melalui proses pengrusakan membran. Terpenoid dapat berikatan dengan porin membentuk ikatan polimer yang dapat merusak porin sehingga permeabilitas membran sel bakteri berkurang sehingga sel bakteri kekurangan nutrisi, pertumbuhan bakteri mengalami penghambatan.

Penelitian (Noveriza dan Melati, 2022) menunjukkan bahwa ekoenzim dari bahan kulit buah dan gula merah mengandung senyawa bioaktif alkaloid, tanin, flavanoid dan steroid yang berpotensi sebagai anti jamur. Tanin termasuk senyawa fenolik yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri dengan mendenaturasi protein, menurunkan konsentrasi ion kalsium, menghambat produksi enzim, dan mengganggu proses reaksi enzimatik

pada bakteri. Senyawa fenolik dan bahan aktif tanin bersifat antiseptik dan dapat digunakan sebagai anti-bakteri (Pratama *et al.*, 2018) Senyawa alkaloid memiliki kemampuan untuk menghambat bakteri. Alkaloid dalam menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara menghambat penyusunan peptidoglikan komponen sel bakteri. Alkaloid dapat menghambat sintesis protein sehingga dapat mengganggu metabolisme bakteri (Novita *et al.*, 2021) Senyawa flavonoid dapat menghambat pertumbuhan jamur dengan cara mempengaruhi membran sitoplasma yang berakibat pada terganggunya pertumbuhan dan perkembangan spora jamur (Komala *et al.*, 2019).

Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) adalah salah satu tanaman hortikultura yang masuk ke dalam jenis tanaman polong-polongan (*Fabales*) berasal dari daerah selatan Meksiko dan Guatemala. Buncis sering dikonsumsi oleh masyarakat sebagai bahan sayur yang tumbuh secara merambat (Dayan *et al.*, 2019). Buncis memiliki Panjang tanaman antara 38.13 – 62.38 cm dan panjang polong berkisar 14.63 – 17.06 cm (Rukmana, 2014) Kacang buncis merupakan sumber mineral, vitamin dan protein. Zat gizi yang terkandung di dalam buncis diantaranya: vitamin A, vitamin B, vitamin C, vitamin B1, vitamin B2, vitamin B3, kalori, lemak, protein, karbohidrat, serat, kalsium, fosfor, zat besi, dan air. Menurut hasil penelitian (Rahmayati, 2021) menunjukkan bahwa tanaman buncis mengandung zat B-sitosterol dan stigmasterol yang dapat meningkatkan produksi hormon insulin serta terdapat serat pektin dan gum yang mampu menurunkan kadar glukosa dalam darah karena serat tersebut larut dalam air.

Sebagai tanaman hortikultura yang banyak dibudidayakan masyarakat, budidaya buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) masih banyak menemui kendala, salah satunya serangan patogen yang menyebabkan menurunnya kualitas dan produktivitas buncis. Patogen yang dikenal dalam budidaya buncis adalah bakteri *Xanthomonas campestris* penyebab penyakit hawar daun.

Xanthomonas campestris merupakan bakteri bersel tunggal berbentuk batang dan termasuk ke dalam bakteri gram negatif, yaitu kelompok bakteri yang memiliki struktur lapisan dinding sel peptidoglikan yang tipis. Hasil penelitian (Merisca, 2022) menunjukkan bahwa infeksi *X.campestris* pada tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) menyebabkan munculnya lesi V area berbentuk huruf V berwarna kuning kehitaman pada daun.

Mikroba lain yang merupakan patogen tanaman buncis adalah jamur *Fusarium* sp. yang menyebabkan penyakit layu tanaman (Pasalo *et al.*, 2022) *Fusarium* sp. adalah cendawan dari filum *Ascomycota* yang termasuk ke dalam patogen tular tanah yang menginfeksi tanaman melalui akar tanaman (Rofiansyah dan Sopilena, 2017) *Fusarium* sp. dapat menyerang buncis dengan frekuensi kemunculan 238 kali dan nilai presentase penyakit sebesar 52.89 % dengan muncul gejala layu dan warna daun menguning (Ramadhian, 2020).

Pengendalian patogen pada umumnya menggunakan pestisida kimia, namun penggunaan pestisida kimia dapat berdampak buruk bagi lingkungan, residu yang ditinggalkan pestisida kimia pada tanaman dan tanah tidak mudah diuraikan sehingga mencemari lingkungan (Riyanto *et al.*, 2019) Salah satu alternatif dalam mengatasi patogen tanaman adalah dengan pestisida organik. Pestisida organik tidak membahayakan serta ramah lingkungan, karena pestisida organik terbuat dari bahan-bahan alami yang mudah terurai sehingga aman untuk digunakan (Subesti *et al.*, 2022).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dalam penelitian ini dilakukannya daya hambat ekoenzim dari kulit pisang kepok manado muda (*Musa x paradisiaca*) sebagai pestisida organik terhadap keparahan penyakit dan laju pertumbuhan tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) yang diinfeksi patogen *Xanthomonas campestris* dan *Fusarium* sp.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya hambat ekoenzim berbahan kulit pisang kepok muda (*Musa x paradisiaca*) terhadap:

1. keparahan penyakit pada tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) yang diinfeksi bakteri *Xanthomonas campestris* dan jamur *Fusarium* sp.
2. laju pertumbuhan tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) yang diinfeksi jamur *Fusarium* sp. dan bakteri *Xanthomonas campestris*

1.3. Kerangka Pikir

Ekoenzim adalah larutan atau cairan organik hasil dari fermentasi campuran limbah organik, air, dan molase. Selama pembentukan ekoenzim, bahan organik diuraikan oleh mikroba dengan atau tanpa bantuan oksigen.

Mikroba merombak bahan organik melalui sistem enzim untuk menghasilkan karbon dioksida (CO₂), air, dan glukosa. Glukosa diserap oleh mikroba sebagai sumber energi. Glukosa menjadi substrat yang mudah dicerna dan dimanfaatkan oleh mikroba sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan perkembangannya sehingga populasi dan aktivitas mikroba meningkat.

Ekoenzim mengandung enzim lipase, amylase, dan protease, asam asetat, asam laktat, asam nitrat dan karbonat, serta unsur hara makro dan mikro yang berasal dari bahan organik oleh tumbuhan. Ekoenzim memiliki banyak manfaat diantaranya digunakan sebagai pestisida organik. Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa ekoenzim yang terbuat dari limbah sayuran, buah, dan kulit buah mengandung senyawa tanin, fenolik, saponin, alkaloid. Flavanoid dan steroid berpotensi untuk menghambat pertumbuhan patogen pada tanaman. Ekoenzim mengandung kelompok bakteri asam laktat yang juga berpotensi menghambat pertumbuhan patogen.

Kulit pisang kepok muda (*Musa x paradisiaca*) berpotensi menjadi sumber senyawa aktif anti mikroba. Kulit pisang kepok muda mengandung berbagai senyawa aktif metabolit sekunder seperti: flavonoid, alkaloid, tanin, saponin dan triterpenoid yang memiliki aktivitas sebagai antimikroba. Kulit pisang kepok juga mengandung unsur hara N,P, dan K yang dapat meningkatkan kesuburan tanaman, sehingga kulit pisang kepok baik untuk dijadikan bahan dasar pembuatan ekoenzim.

Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) adalah salah satu tanaman hortikultura yang mengalami penurunan kualitas dan produktivitas hasil panen, dalam proses budidayanya tanaman buncis terinfeksi oleh patogen *Xanthomonas campestris* dan *Fusarium* sp. yang menyebabkan tanaman menjadi layu dan daun tanaman menguning. Dalam penelitian ini diujikan senyawa aktif dalam ekoenzim berbahan organik dari kulit pisang kepok muda manado (*Musa x paradisiaca*) terhadap penyebaran bakteri (*Xanthomonas campestris*) dan jamur (*Fusarium* sp.) yang diinfeksi pada tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.)

1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. ekoenzim dari kulit pisang kepok muda (*Musa x paradisiaca*) dapat mengurangi nilai keparahan penyakit pada tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) yang diinfeksi bakteri (*Xanthomonas campestris*) dan jamur (*Fusarium* sp.)
2. ekoenzim dari kulit pisang kepok muda (*Musa x paradisiaca*) dapat meningkatkan laju pertumbuhan tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) yang diinfeksi oleh bakteri) dan jamur (*Fusarium* sp.) (*Xanthomonas campestris*)

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pisang Kepok (*Musa x paradisiaca*)

Pisang kepok (*Musa x paradisiaca*) termasuk jenis pisang yang sering dikonsumsi baik secara langsung maupun setelah diolah. Pisang kepok tumbuh di daerah beriklim tropis, khususnya di Asia Tenggara dengan kondisi tanah yang basah dan lembab (Sirajudin *et al.*, 2014).

2.1.2 Morfologi dan Taksonomi Tanaman Pisang kepok

Pohon pisang memiliki akar yang rimpang berpangkal pada umbi batang, panjang akar pohon pisang dapat mencapai 4-5 meter sampai kedalam 75-150 cm. Akar pohon pisang dapat tumbuh ke samping atau mendatar di bagian samping umbi batang (Ernawati *et al.*, 2021)

Menurut (Mukhoyaroh & Lukman, 2022) tinggi tanaman pisang kepok dapat mencapai 3-4 m. Batang pohon pisang merupakan batang semu yaitu berupa tumpukan pelepah daun yang saling berhimpitan tertata secara rapat dan teratur. Batang pisang berwarna hijau muda hingga agak kecoklatan. Tekstur batang lunak karena tidak menghasilkan kambium. Di bagian bawah batang pisang terdapat bonggol, yaitu struktur yang mengembung berupa umbi. Pada bonggol pisang muncul pucuk lateral (*Sucker*) dari kuncup selanjutnya tumbuh menjadi tanaman pisang. Diameter batang pohon pisang kepok berkisar antara 57-82 cm. (Ernawati *et al.*, 2021).

Daun pisang berbentuk helaian lanset memanjang berukuran antara 30-40 cm yang letaknya tersebar secara merata. Daun paling muda terletak di bagian tengah tanaman yang muncul dengan cara menggulung dan terus tumbuh memanjang. Permukaan bawah daun berlilin, tulang tengah daun sebagai penopang, tersusun sejajar dan menyirip (Ernawati *et al.*, 2021).

(Ryan dan Pigai, 2020) menyatakan bahwa bunga pisang berbentuk lonjong dengan ujung yang runcing. Bunga pisang yang baru muncul disebut dengan jantung pisang yang tersusun atas tangkai bunga, daun penumpu bunga dan mahkota bunga. Tangkai bunga bertekstur keras, berukuran besar diameter mencapai 8 cm, penumpu bunga berwarna hijau kemerahan tersusun secara spiral, berlapis lilin, dengan ukuran panjang 15 cm kemudian akan rontok setelah bunga mekar. Setiap bunga memiliki benang sari berjumlah 5 helaian.



Gambar 1. Buah pisang kepok muda berumur 5 hari pasca panen (*Musa x paradisiaca*) (Dokumentasi pribadi, 2022).

Buah pisang kepok tidak mengandung biji dan perkembangannya dapat terjadi tanpa pembuahan (*Partenokarpi*). Panjang buah pisang kepok rata-rata mencapai 15 cm dan lebar antara 2,5-5 cm. Buah pisang berbentuk lurus dan ujung buahnya meruncing dengan permukaan tangkai buah yang berbulu (Ernawati *et al.*, 2021) Buah

pisang kepok yang sudah masak berwarna kuning emas dan buah pisang kepok yang masih mentah berwarna hijau (**Gambar 1**)

Klasifikasi tanaman pisang kepok menurut sistem klasifikasi Cronquist (1981) adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae
 Divisi : Magnoliopyta
 Kelas : Liliopsida
 Bangsa : Zingiberales
 Suku : Musaceae
 Marga : *Musa*
 Jenis : *Musa x paradisiaca*

Pisang kepok (*Musa x paradisiaca*) adalah tanaman hortikultura tahunan yang hanya berbuah satu kali (monokarpik) kemudian mati dimana tanaman ini memiliki sistem perbatangan dan akar di bawah tanah (Yuliasih, 2016) Tanaman pisang toleran akan ketinggian dan kekeringan. Tanaman pisang dapat tumbuh pada dataran rendah hingga dataran tinggi. Produktivitas pisang yang optimal akan dihasilkan oleh pisang yang ditanam pada dataran rendah pada ketinggian 500 m. Pisang dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi tanah yang gembur serta mengandung zat kapur yang tinggi untuk mempermudah menyerap nutrisi (Yana *et al.*, 2021).

2.1.1. Manfaat Tanaman Pisang

Pisang kepok memiliki banyak manfaat. Hampir semua bagian tumbuhan mulai dari akar hingga buah dapat dimanfaatkan, dan pisang banyak dimanfaatkan sebagai obat tradisional (Wardhany *et al.*, 2018) Daun pisang yang masih muda dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai pembungkus jajanan tradisional, daun dan batang yang sudah tua digunakan untuk pakan ternak serta

dijadikan sebagai bahan kompos. Kulit pisang dimanfaatkan sebagai obat untuk mengatasi penyakit kulit seperti exam dan psoriasis. Kulit pisang mengandung vitamin C, kalsium, protein, dan karbohidrat sehingga dapat dijadikan sebagai pengganti konsumsi makanan (Wardhany *et al.*, 2018). Kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar obat-obatan karena kulit pisang mengandung senyawa flavonoid dan fenol, Flavonoid berasal dari kelompok senyawa polipenolik yang dapat berpotensi sebagai antioksidan, antidiare, antiulkus, dan antisekretorik. Antioksidan merupakan senyawa kimia yang dapat menurunkan produksi radikal bebas dan peroksidasi lipid di tubuh manusia yang dapat menyebabkan penyakit dan penuaan (Gemayangsuara, 2015).

Penelitian (Monica, 2018) menyatakan bahwa kulit pisang kepek mengandung karbohidrat sebesar 59 %, protein kasar 0.9 %, lemak 1.7 %, potassium 78.1 %, kalsium 19.2 %, besi 24.3 %, dan serat mangan sebesar 24.3 %. Kulit pisang kepek mengandung senyawa aktif metabolit sekunder yaitu tanin, alkaloid, flavonoid, dan saponin (Rahmi *et al.*, 2021) Kandungan senyawa aktif dari kulit pisang memiliki banyak keuntungan salah satunya dapat dimanfaatkan sebagai anti mikroba. Hasil penelitian Pratama *et al.* (2018) menunjukkan bahwa ekstrak kulit pisang mampu menghambat pertumbuhan bakteri, adanya kemampuan ekstrak kulit pisang menghambat pertumbuhan bakteri dikarenakan adanya senyawa antibakteri yang terkandung dalam kulit pisang seperti senyawa fenolik tanin dan flavonoid. Tanin mempunyai aktivitas anti-bakteri antara lain: melalui reaksi dengan membran sel, inaktivasi enzim, dan inaktivasi fungsi materi genetik. Senyawa lain yang berpotensi sebagai anti-bakteri adalah flavonoid. Flavonoid termasuk senyawa fenol yang memiliki sifat koagulator protein pada bakteri. Protein yang tekroagulasi adalah protein yang mengalami denaturasi dan tidak berfungsi dalam sintesis protein sehingga menyebabkan bakteri mati. Flavonoid dapat menjadi

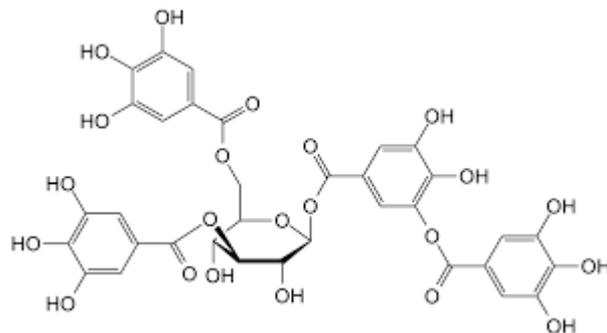
inhibitor enzim sehingga bakteri tidak dapat memproduksi enzim dengan baik. Kulit pisang kepok dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan asam osklat. Kulit pisang mengandung selulosa sebesar 14.04 % selulosa yang terkandung dalam kulit pisang dapat diproses menjadi asam osklat yang umumnya berfungsi sebagai daya tahan karat pembentukan asam osklat melalui proses hidrolisis dan oksidasi dengan HNO_3 (Nasrun & Herawati, 2016, 2019)

2.1.3 Senyawa Aktif dalam Kulit Pisang Kepok

Senyawa aktif yang diketahui terdapat dalam kulit pisang kepok diantaranya: tanin, alkaloid, saponin, dan flavonoid.

2.1.3.1. Tanin

Tanin adalah salah satu senyawa metabolit sekunder dan termasuk ke dalam golongan polifenol. Senyawa tanin memiliki ukuran molekul yang besar tersusun atas gugus hidroksil dan karbonyl. Struktur molekul tanin terdiri dari dua cincin aromatik yang terikat oleh tiga atom karbon. **Gambar 2.** menunjukkan struktur kimia tanin yang tersusun atas cincin benzene yang berikatan dengan gugus hidroksil (**Gambar 2.**)



Gambar 2. Struktur senyawa kimia tanin ((Yusi, 2018)

Tanin dapat menyebabkan rasa asam, sepat, dan pahit pada buah dan beberapa sayuran (Yusi, 2018) Di dalam tanaman tanin berfungsi sebagai pelindung tanaman terhadap infeksi patogen dan hama penyakit. Tanin juga dapat berikatan dengan protein dan mineral (Yusi, 2018) Senyawa tanin dapat ditemukan pada bagian kulit buah dan daun. Menurut Yuska *et al.* (2020) dapat dimanfaatkan sebagai obat diare, ambeien, dan menghentikan pendarahan.

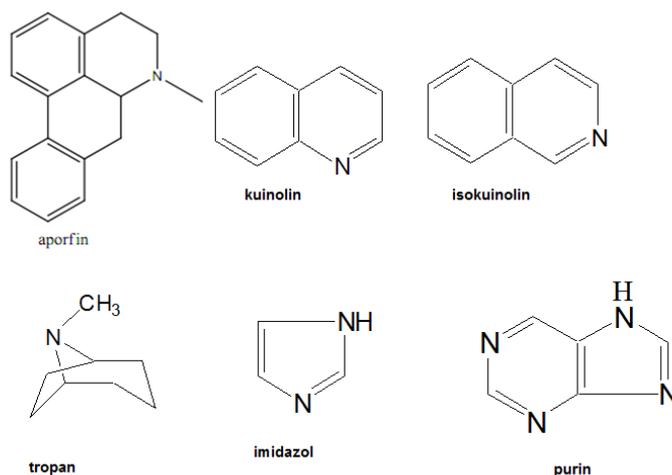
Senyawa tanin dapat menghambat pertumbuhan bakteri, tanin termasuk senyawa fenolik yang dapat menghambat bakteri dengan memperlihatkan denaturasi protein dan menurunkan konsentrasi ion kalsium, menghambat produksi enzim, dan mengganggu proses reaksi enzimatik pada bakteri. Senyawa fenolik dan bahan aktif seperti tanin bersifat antiseptik dan dapat digunakan sebagai anti-bakteri (H. Pratama *et al.*, 2018)

2.1.3.1 Alkaloid

Alkaloid merupakan senyawa siklik yang mengandung unsur nitrogen bersifat basa dan memiliki struktur molekul yang kompleks (Reinhard *et al.*, 2017) Alkaloid di dalam tumbuhan dapat ditemukan pada bunga, biji, akar, daun, ranting maupun kulit batang. Fungsi alkaloid dalam tumbuhan selain memberikan perlindungan dari serangan penyakit juga berfungsi sebagai pengganti mineral yang bersifat basa dalam menjaga keseimbangan ion tumbuhan karena alkaloid bersifat basa (Ningrum *et al.*, 2016) Pada umumnya alkaloid berbentuk padatan kristal dengan titik lebur spesifik. Alkaloid juga dapat berbentuk cairan. Dalam dunia medis alkaloid dapat dimanfaatkan sebagai obat salah satunya obat alternatif untuk menyembuhkan luka luar yang terbukti cukup efektif .

Hasil penelitian Anggraini *et al.* (2019) membuktikan bahwa senyawa alkaloid memiliki kemampuan untuk menghambat bakteri, mekanisme alkaloid dalam menghambat bakteri dengan cara mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada sel bakteri sehingga lapisan dinding sel bakteri tidak terbentuk secara utuh dan alkaloid dapat menghambat pembentukan sintesis protein sehingga dapat mengganggu metabolisme bakteri.

Menurut (Amna, 2016) struktur alkaloid pada ekstrak tumbuhan memiliki banyak bentuk (**Gambar 3.**)

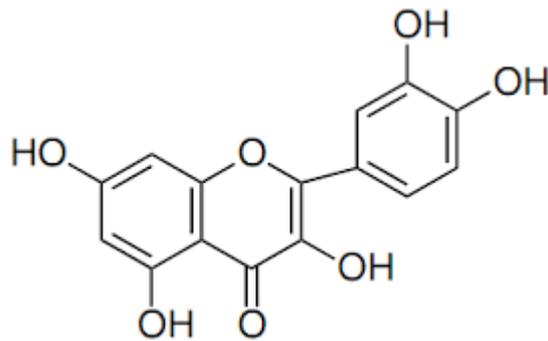


Gambar 3. Struktur turunan senyawa alkaloid (Amna, 2016)

2.1.3.3 Flavonoid

Flavonoid adalah senyawa kimia dari kelompok fenolik dengan berat molekul rendah disintesis dari asam asetat. Beberapa turunan senyawa flavonoid yaitu flavanol, flavon, flavanon, isoflavon, dan flavanol yang banyak ditemukan pada jaringan tumbuhan (Arifin & Ibrahim, 2018) Flavonoid bersifat polar sehingga mudah larut dalam larutan polar seperti etanol dan metanol. Menurut (Pambudi, 2014) flavonoid dapat digunakan sebagai antioksidan dengan melepaskan atom hidrogen dari gugus hidroksilnya. Atom hidrogen yang telah dilepaskan

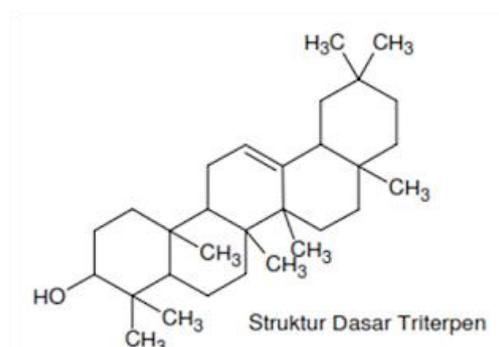
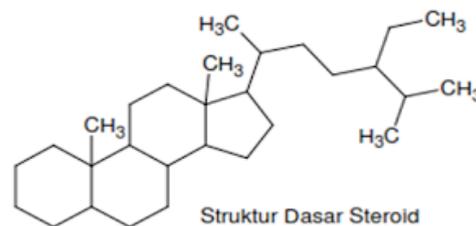
mampu berikatan dengan radikal bebas sampai bernuatan netral. Pada tumbuhan flavonoid berperan sebagai pelindung tanaman dari serangan patogen seperti bakteri dan jamur yang dapat merusak tanaman. Sedangkan menurut Khairunnisa *et al.* (2019) senyawa flavonoid memberikan manfaat sebagai anti-inflamasi, antioksidan, anti-mutagenik, dan anti-karsagenik sehingga flavonoid menjadi senyawa metabolit sekunder yang paling banyak digunakan. Senyawa flavonoid merupakan senyawa bioaktif yang memiliki fungsi sebagai anti-jamur. Senyawa ini dapat menghambat pertumbuhan jamur baik melalui membran sitoplasma maupun mengganggu pertumbuhan dan perkembangan spora jamur. Senyawa flavonoid dapat melakukan penghambatan transpor elektron mitokondria yang mengakibatkan penurunan potensial membran mitokondria sehingga produksi ATP menurun dan berakibat pada kematian sel jamur berikutnya. (Komala *et al.*, 2019)



Gambar 4. Struktur senyawa flavonoid (Siswarni *et al.*, 2017)

2.1.3.2 Saponin

Saponin adalah senyawa kimia yang masuk ke dalam kelompok glikosida struktur kimia saponin tersusun atas glikon dan aglikon dimana bagian glikon terdiri dari glukosa dan fruktosa sedangkan bagian aglikon merupakan sapogenin (Nurjaman *et al.*, 2018) Di dalam tumbuhan saponin banyak ditemui pada buah, bunga, daun, batang dan akar. Keberadaan saponin dapat ditandai dengan munculnya rasa pahit, pembentukan busa pada larutan cair dan dapat berikatan dengan kolesterol membentuk ikatan molekul *saponin-cholesterol complexes* (Alfauzi *et al.*, 2021) Saponin menunjukkan sifat larut dalam air, berbau menyengat, dan merupakan detergen yang baik sehingga dapat membentuk busa koloidal dalam air (Nurjaman *et al.*, 2018)



Gambar 5. Struktur senyawa kimia saponin steroid dan saponin triterpenoid (Alfauzi *et al.*, 2021)

Hasil penelitian Yuliana *et al.* (2015) menunjukkan bahwa saponin memiliki aktivitas sebagai anti jamur. Mekanisme saponin dalam menghambat pertumbuhan jamur dengan

merusak membran sel sehingga menyebabkan kebocoran sel. Pendapat ini didukung oleh (Variani *et al.*, 2021) yang menyatakan bahwa senyawa saponin dapat menghambat bakteri dengan cara menembus membran sel bakteri dan merusak pertumbuhan sel. Molekul-molekul protein, asam nukleat dan nukleotida dalam sel jamur keluar yang kemudian mengakibatkan kematian sel. Senyawa saponin juga diketahui dapat menghambat pertumbuhan bakteri, merangsang pertumbuhan sel baru, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai antibiotik. (Sari *et al.*, 2020) mengatakan karena saponin memiliki sifat antijamur maka saponin banyak digunakan untuk perlindungan tumbuhan dari serangan patogen. Struktur senyawa saponin terbagi menjadi dua kelompok besar yaitu saponin steroid yang tersusun atas inti steroid dengan molekul karbohidrat dan saponin triterpenoid yang tersusun oleh inti triterpena dengan molekul karbohidrat (**Gambar 5**)

2.2. Ekoenzim

Ekoenzim merupakan ekstrak cairan hasil proses fermentasi limbah sayuran dan buah-buahan dengan menggunakan gula merah, molase, gula putih, dan air kelapa sebagai sumber substrat (Septiani *et al.*, 2021) Ekoenzim mengandung enzim lipase, amylase, dan protease, asam propionate, asam asetat, asam nitrat dan karbonat, serta unsur hara makro dan mikro yang berasal dari senyawa organik oleh tumbuhan. Sumber kandungan senyawa kimia dari sisa sayuran serta buah yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan ekoenzim memiliki kandungan dan sifat kimia yang berbeda sehingga akan mempengaruhi kandungan ekoenzim yang dihasilkannya (Glinton *et al.*, 2021). Ekoenzim memiliki banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian (Megah *et al.*, 2018) membuktikan bahwa larutan ekoenzim jika dicampur dengan air dapat digunakan sebagai cairan pembersih seperti sabun untuk mencuci piring, pembersih lantai, pembersih lantai, mencuci pakaian, shampo, dan sabun mandi, pupuk organik cair, insektisida, dan pestisida (Prasetio *et al.*, 2021)

2.2.1 Fermentasi Ekoenzim

Dalam pembuatan ekoenzim diperlukan proses waktu 3 bulan untuk proses fermentasi. Pembuatan ekoenzim dapat dilakukan pada wadah yang terbuat dari plastik. Pemakaian wadah dari kaca beresiko pecah karena kaca memuai dan pecah akibat reaksi aktivitas mikroba saat berfermentasi (Prasetio *et al.*, 2021). Selama proses fermentasi bahan organik akan dioksidasi oleh mikroba sehingga terjadi biodegradasi, secara enzimatik menghasilkan air, CO₂, dan energi, menguraikan bahan organik seperti karbohidrat menjadi glukosa. Glukosa kemudian diserap oleh bakteri sebagai sumber energi. Selama fermentasi karbohidrat yang terkandung dalam limbah organik juga diubah menjadi asam volatil dan asam-asam lainnya yang akan larut dalam cairan ekoenzim sehingga cairan ekoenzim pun bersifat asam (Septiani *et al.*, 2021). Dalam proses fermentasi glukosa dirombak menghasilkan asam piruvat. Dalam kondisi aerob asam piruvat akan terurai menjadi etanol dan karbondioksida (CO₂) oleh piruvat dekarboksilase yang diekresi oleh bakteri. Selanjutnya alkohol diubah menjadi asetal dehid kemudian menjadi asam asetat atau alkohol dan air (Astuti *et al.*, 2020). Pada proses fermentasi selama 3 bulan, pada bulan pertama fermentasi akan menghasilkan alkohol, pada bulan ke dua akan menghasilkan cuka berupa asam propionate, asam asetat, asam nitrat dan karbonat, dan pada bulan ke tiga akan menghasilkan beberapa enzim seperti enzim lipase, amylase, dan protease. Ketika proses fermentasi berakhir ekoenzim dipanen dengan cara menyaring cairan ekoenzim menggunakan kain bersih kemudian dimasukkan ke dalam botol. Pada ampas ekoenzim dapat dihancurkan dan dibuang atau bisa dimanfaatkan sebagai kompos dengan cara memasukkan ampas ekoenzim ke dalam tanah (Prasetio *et al.*, 2021).

2.2. Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.)

Buncis adalah salah satu tanaman hortikultura yang termasuk ke dalam jenis polong-polongan (*Fabales*). Buncis berasal dari daerah selatan Meksiko dan Guatemala. Buncis sering dikonsumsi masyarakat sebagai

sayur, tumbuh secara merambat. Buncis memiliki Panjang tanaman antara 38.13 – 62.38 cm dan panjang polong berkisar 14.63 – 17.06 cm (Dayan & Subagiono, 2019).

2.3.1. Morfologi dan Taksonomi Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.)

Tanaman buncis memiliki akar tunggang dan berserabut, akar tunggang tumbuh ke dalam tanah sekitar 15 cm sedangkan akar serabut menyebar ke permukaan tanah. Akar tanaman buncis berfungsi untuk penyerapan zat hara dan air. Batang tanaman buncis memiliki struktur yang lunak dan tidak berkayu. Tinggi batang tanaman buncis pada tipe tegak sekitar 40 cm dari permukaan tanah.

Bentuk daun dari tanaman buncis bulat lonjong, tepi daun rata, ujung daun meruncing, berbulu, dan memiliki tulang daun menyirip. Posisi daun tegak sedikit mendatar dan bertangkai pendek. Daun buncis memiliki ukuran lebar 6-7.5 cm dan panjang 7.5- 9 cm. Bunga tanaman buncis berbentuk bulat panjang sekitar 1.3 cm dan lebar bagian tengah 0.4 cm. Bunga buncis berukuran kecil, kelopak bunga berjumlah 2 buah pada bagian bawah pangkal bunga berwarna hijau (Wardhany *et al.*, 2018).

Klasifikasi tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) menurut sistem klasifikasi Cronquist (1981) adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae
 Divisi : Magnoliopyta
 Kelas : Magnoliopytae
 Bangsa : Fabales
 Suku : Fabaceae
 Marga : Phaseolus
 Jenis : *Phaseolus vulgaris* L.

Kacang buncis merupakan sumber mineral, vitamin dan protein. Zat gizi yang terkandung di dalam buncis diantaranya: vitamin A, vitamin B, vitamin C, vitamin B1, vitamin B2, vitamin B3, kalori, lemak, protein, karbohidrat, serat, kalsium, fosfor, zat besi, dan air. Menurut hasil penelitian (Rahmayati, 2021) menunjukkan bahwa tanaman buncis mengandung zat B-sitosterol dan stigmasterol yang dapat meningkatkan produksi hormon insulin serta terdapat serat pektin dan gum yang mampu menurunkan kadar glukosa dalam darah karena serat tersebut larut dalam air. Bagian organ penting pada tanaman buncis meliputi batang yang tidak berkayu, berakar tunggang, daun yang menyirip, bunga sempurna dengan bentuk bulat panjang, buah yang disebut dengan polong, dan bijinya memiliki bentuk bulat dan lonjong (Gambar 6.)



Gambar 6. Tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) secara keseluruhan dari pangkal batang hingga pucuk daun. Tanaman buncis yang diperoleh dari perlakuan pemberian ekoenzim 50 % yang diinfeksi bakteri *Xanthomonas campestris* (E2X) berumur 28 hari setelah tanam. Daun tanaman berwarna hijau pekat dan memiliki batang bertekstur lunak berwarna hijau kekuningan (Dokumentasi pribadi, 2023).

2.3.2. Patogen pada tanaman buncis

Meskipun buncis sudah banyak di budidayakan, namun budidaya buncis banyak menemui kendala, salah satunya serangan patogen. Mikroba yang dikenal sebagai patogen dalam budidaya buncis adalah bakteri *Xanthomonas campestris pv campestris*, penyebab penyakit Hawar daun (Aditya, 2015) dan jamur *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu tanaman.

2.3.2.1 *Xanthomonas campestris*

Xanthomonas campestris merupakan bakteri gram negatif yang berbentuk batang dan bersel tunggal, bergerak dengan satu flagel, berkapsula, membentuk rantai, mampu menghasilkan ekopolisakarida berupa biogum. Bakteri ini memanfaatkan sumber karbon dari protein dan karbohidrat setelah di rombak menjadi molekul yang lebih sederhana seperti glukosa. Bakteri ini dapat menghasilkan xanthom gum atau polisakarida yang berfungsi membantu dalam membentuk eksudat bakteri dari daun tanaman yang terinfeksi. Bakteri ini bersifat aerob dan membentuk koloni bulat cembung berwarna kuning keputihan serta memiliki permukaan yang licin (Herwati, 2017).

Klasifikasi bakteri *Xanthomonas campestris* menurut klasifikasi Woese *et al.* (1990) adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Bacteria
 Filum : Proteobacteria
 Kelas : Gamna Proteobacteria
 Bangsa : Xanthomonadales
 Suku : Xanthomonadaceae
 Marga : *Xanthomonas*
 Jenis : *Xanthomonas campestris*

2.3.2.1.1 Penyakit Infeksi Hawar Daun

Hawar daun adalah penyakit yang menyerang berbagai tanaman yaitu padi, kubis, buncis, kacang hijau, dan kacang kedelai. Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas*, sedangkan pada tanaman buncis bakteri *Xanthomonas* yang menyerang berjenis *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. Bakteri *Xanthomonas* sp. menyerang beberapa tanaman salah satunya buncis dengan cara masuk melalui luka pada daun akibat dari serangan hama dan melalui luka pada akar, bakteri dapat masuk ke dalam luka pada daun selama 8 – 10 jam.

Bakteri ini dapat bertahan lama di dalam tanah dan dapat berkembang pada suhu optimum 30⁰ C. Gejala yang ditimbulkan pada penyakit hawar daun diawali dengan muncul bercak kuning pada tepi daun kemudian menyebar ke arah tulang daun sehingga daun terlihat layu, kering dan cokelat kekuningan, (**Gambar .8**) apabila infeksi bakteri sampai menyebar ke batang maka akan menyebabkan tanaman mati. *Xanthomonas* menginfeksi masuk ke dalam jaringan tanaman melalui luka stomata, hidatoda, akar dan biji dalam tanah melalui kotiledon, bakteri ini juga dapat masuk melalui klorofil daun dan merusak proses fotosintesis, kemudian *Xanthomonas* berkembang biak melalui epitema dan menyerang jaringan pembuluh. Mekanisme infeksi diawali dengan sel bakteri dalam jaringan tanaman akan memperbanyak diri untuk menyerang jaringan *vaskuler* hingga mengeluarkan cairan yang mengandung masa bakteri pada permukaan daun, cairan tersebut dengan sendirinya berubah menjadi kuning keputihan yang akan membuat daun menjadi kering (Aditya, 2015).



Gambar 8. Gejala klorosis pada permukaan daun tanaman buncis yang disebabkan karena defisiensi unsurhara akibat dari infeksi bakteri *Xanthomonas campestris* yang menyerang jaringan pengangkut xilem pada tanaman buncis. (*Phaseolus vulgaris* L) (Dokumentasi pribadi, 2023).

2.3.2.2. *Fusarium* sp.

Fusarium sp. adalah jenis cendawan dari filum *Ascomycota* yang ditemukan dalam tanah. *Fusarium* sp. merupakan cendawan patogen penyakit layu pada tumbuhan dan cepat berkembang dalam tanah yang basah atau becek (Rofiansyah dan Sopilena, 2017). Penyebaran *Fusarium* sp. sangat cepat dengan pengaruh kondisi pH yang asam antara 4.0 – 6.0. Hasil penelitian (Ramadhian, 2020) menyatakan bahwa *Fusarium* sp. menyerang tanaman buncis dengan frekuensi kemunculan 238 kali dan nilai presentase penyakit sebesar 52.89 % serta gejala penyakit yang timbul yaitu layu pada daun, tanaman menguning, dan kerdil.

Secara makroskopis *Fusarium* sp. memiliki koloni berwarna putih kuning dengan bentuk bergerigi, permukaannya yang rata dan bergelombang, pola pertumbuhannya berkoloni bulat dan berkoloni menyebar. Bentuk konidia bulat berpasangan, miselium dengan membentuk masa, memiliki bentuk kladospora yang berangkai-rangkai (Ngittu *et al.*, 2014).

Fusarium sp. berkembang biak secara aseksual dengan menggunakan spora mikrokonidium dan makrokonidium.

Klasifikasi jamur *Fusarium* sp. menurut klasifikasi Hibbett *et al.* (2007) adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Fungi
 Filum : Ascomycota
 Kelas : Sordariomycetes
 Bangsa : Hypocreales
 Suku : Netriaceae
 Marga : *Fusarium*
 Jenis : *Fusarium* sp.

Fusarium sp. melalui siklus hidup dalam 2 fase yaitu patogenesa dan saprogenesa. Melalui proses patogenesa *Fusarium* sp hidup sebagai parasit pada tanaman inang yang masuk melalui luka pada organ tanaman yakni akar dan berkembang pada jaringan tanaman. Melalui proses saprogenesa *Fusarium* sp. hidup secara saprofit dalam tanah dan sisa - sisa tanaman serta sebagai sumber inokulum pada tanaman lain (Hutabalian *et al.*, 2015). Fungi ini dapat menghidrolisis senyawa-senyawa yang bersifat toksik seperti fenol menjadi senyawa sederhana yang dimanfaatkan sebagai sumber karbon dari protein dan karbohidrat serta dimanfaatkan sebagai energi.

2.3.2.2.1 Penyakit Infeksi Layu Tanaman

Penyakit layu disebabkan oleh jamur *Fusarium* sp. *Fusarium* sp. menyerang berbagai tanaman salah satunya buncis, infeksi *Fusarium* sp. dapat mengakibatkan tanaman layu dengan menyerang jaringan daerah *vaskelur* dan menghambat peredaran air pada jaringan *xilem*. (**Gambar 9**) Jika *Fusarium* sp. menginfeksi batang, maka permukaan batang akan berwarna coklat dan ketika ditekan akan mengeluarkan lendir berwarna

putih *Fusarium* sp. menginfeksi tanaman dengan kisaran inang yang luas. Mekanisme infeksi diawali spora mengalami proses seperti penyerbukan selanjutnya serbuk spora menyebar masuk ke dalam stomata atau jaringan angkut seperti *xilem* dan *floem*, spora masuk ke dalam jaringan dan berkecambah membentuk miselium (tabung kecambah), kemudian permukaan tabung membesar serta memiliki ujung lancip yang di sebut *apresorium*. *Aprresorium* menembus kutikula dengan bantuan enzim setelah berhasil menembus, *apresorium* menyebarkan penyakit. Gejala yang muncul akibat dari serangan *Fusarium* sp. yaitu layu pada daun, dan warna daun berubah menjadi hijau kekuningan.



Gambar 9. Gejala penyakit layu *Fusarium* sebagai akibat dari infeksi jamur *Fusarium* sp. pada tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L) menyerang jaringan pengangkut xilem yang menyebabkan transpor unsur hara dan air terhambat sehingga beberapa organ tanaman seperti daun mengalami kelayuan (*Phaseolus vulgaris* L) (Dokumentasi pribadi, 2023).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini terdiri dari 3 tahapan yaitu: tahap pertama pembuatan ekoenzim yang dilakukan pada bulan Juli sampai Oktober 2022. Tahap ke-dua penyiapan mikroba uji, bakteri *X.campestris* dan jamur *Fusarium* sp. di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas FMIPA, Universitas Lampung. Tahap ke-tiga uji daya hambat ekoenzim terhadap pertumbuhan *Xanthomonas campestris* dan *Fusarium* sp. pada tanaman buncis dilakukan di *Green House* Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Fakultas FMIPA, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *beaker glass* 100 ml pyrex, gelas ukur 50 ml iwaki pyrex, pipit tetes 8 x 100mm pyrex, cawan petri pyrex 3160, pipet volumetri 10 ml pyrex class A, Erlenmeyer 100 ml iwaki pyrex, busen 250 ml RRC, tabung reaksi 24 ml iwaki pyrex, *blender Philips* 1.5 L HR2221/30, *oven UN30 MEMMERT*, *autoclave GEA* 75 L, *laminar air flow tob table stainless*, jarum ose lurus lokal, inkubator 1N55 Memmert, batang pengaduk 30 cm Glass Rod, *hot plate magnetic stirrer* 79-1, gelas objek 25.4 x 76.2 mm deck glass SLIDES, gelas penutup 20 mm x 20 mm deck glass ISOLAB, *freezer gea chest AB 108208318396506600 R 750 R*, mortal dan martil porselen OD 60 mm ROFA, mikroskop binokuler XSZ 107BN, timbangan analitik 300 g X 0.001 g *precise scale industrial*,

keranjang sampah SHINPO 830 S, kertas saring whatman 60 cm x 60 cm no. 40, polybag 45 cm x 45 cm cahaya karisma, tray 288 lubang 5072105128200, ose bulat lokal, corong plastik VITLAB PP 20 cm, kamera HP Vivo Y12, botol kaca transparan *wide mouth* 500 ml Duran, kalkulator citizen type SDC 868 L, sarung tangan latex, dan bambu.

3.2.2. Bahan

Bahan untuk membuat ekoenzim adalah kulit pisang, molase tetes tebu murni 1 L, dan air. Kulit pisang yang digunakan adalah kulit pisang kepok manado muda (*Musa x paradisiaca*) diperoleh dari desa Sabah Balau, Lampung Selatan dengan cirri-ciri kulit pisang berwarna hijau dan masih bergetah. Molase yang digunakan untuk ekoenzim diperoleh dari toko pertanian di Kecamatan Natar, Bandar Lampung. Sebagai mikroba uji digunakan *Fusarium* sp. dan *Xanthomonas campestris* diperoleh dari stok koleksi lab. Mikrobiologi. Benih buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Logowa cap panah merah 100 g sebagai tanaman uji diperoleh dari toko pertanian di Kecamatan Kedaton, Bandar Lampung. Bahan –bahan lainya adalah air, *potato dextrose agar* (PDA) Nitra Kimia kode 1.10130.0500 millipore, natrium agar (NA) MEREK 500 g kode 1.05443.0500 milipore, benang kasur 40 g cap peniti, media tanam TRUBUS 10 kg, *aluminium foil best fresh* 1 roll, akuades, alkohol 70% ONEMED 1 L, dan alkohol 96 % OMNED 1 L.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian ekperimen yang dilakukan dengan menggunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) yang terdiri dari 2 perlakuan yaitu cara pemberian ekoenzim terdiri kontrol (K), E1, dan E2 (E1, dan E2 dapat dilihat pada keterangan perlakuan) dan mikroba uji yaitu *Xanthomonas campestris* (X) dan *Fusarium* sp. (F) dengan 5 ulangan.

Keterangan perlakuan ekoenzim

Kontrol K : kelompok kecambah buncis yang direndam patogen (*Fusarium* sp. atau *Xanthomonas campestris*) selama 5 menit (Merisca, 2022).

Perlakuan E1 : kelompok kecambah buncis yang direndam patogen (*Fusarium* sp. atau *Xanthomonas* sp.) selama 5 menit kemudian setelah disemai 14 hari diberi perlakuan ekoenzim dengan konsentrasi 25 % sebanyak 50 ml (Merisca, 2022).

Perlakuan E2 : kelompok kecambah buncis yang direndam patogen (*Fusarium* sp. atau *Xanthomonas* sp.) selama 5 menit kemudian setelah disemai 14 hari diberi perlakuan ekoenzim dengan konsentrasi 50 % sebanyak 50 ml (Merisca, 2022).

Tabel 1. Unit perlakuan percobaan

Perlakuan ekoenzim	<i>Fusarium</i> sp.	<i>Xanthomonas</i> sp.
K	KF	KX
E1	E1F	E1X
E2	E2F	E2X

Tata letak penelitian dapat dilihat pada **Tabel 2.**

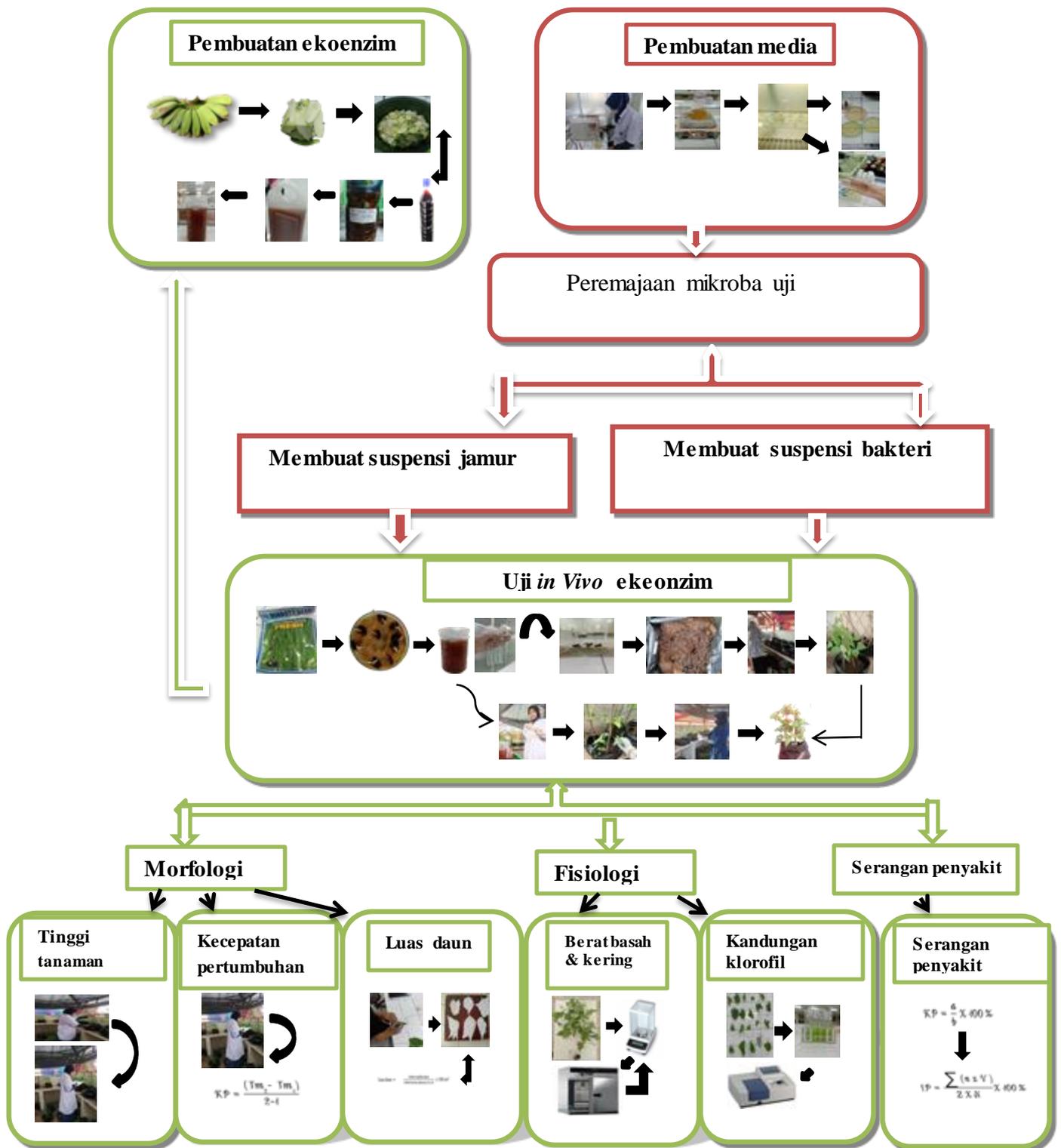
Tabel 2. Tata letak penelitian

Kelompok 1	Kelompok 3	Kelompok 4	Kelompok 2	Kelompok 5
KX ₁	E1X ₃	KF ₄	KX ₂	KX ₅
E2X ₁	KF ₃	E2F ₄	E1X ₂	KF ₅
E1F ₁	E2X ₃	KX ₄	E1F ₂	E1X ₅
KF ₁	KX ₃	E1F ₄	E2F ₂	E2F ₅
E1X ₁	E2F ₃	E2X ₄	E2X ₂	E2X ₅
E2F ₁	E1F ₃	E1X ₄	KF ₂	E1F ₅

Parameter yang diamati terdiri dari parameter pertumbuhan yaitu: tinggi tanaman, kecepatan pertumbuhan, luas daun, fisiologi tanaman yaitu: berat segar tanaman, berat kering tanaman, dan kandungan klorofil. dan serangan penyakit: keparahan penyakit dan keterjadian penyakit. Tinggi tanaman dan keterjadian penyakit diukur pada minggu ke - 2, 3, dan 4 setelah tanam. Data untuk parameter lainnya diukur pada minggu ke-4 setelah tanam. Data yang diperoleh di analisis varian (ANOVA) pada $\alpha = 5\%$. Bila terdapat pengaruh nyata pada parameter yang diukur, analisis dilanjutkan dengan uji beda antar rata rata menggunakan uji tukey pada $\alpha = 5\%$. Analisis data dilakukan dengan aplikasi MiniTab versi 20.

3.4. Bagan alir penelitian

Tahap penelitian secara detil tertera pada diagram alir berikut pada **Gambar 9**



Gambar 9. Bagan alir penelitian uji *in vivo* pembuatan ekoenzim dan penyiapan mikroba uji.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Pembuatan Ekoenzim

Campuran bahan organik limbah kulit pisang kepok muda, molase, dan air yaitu dengan rasio perbandingan 10:1:3. Pembuatan ekoenzim diawali dengan menuangkan air bersih sebanyak 5000 ml ke dalam wadah. Memasukan kulit pisang kepok muda ke dalam wadah yang sebelumnya sudah dipotong kecil-kecil dan ditimbang sebanyak 1.5 kg. Kemudian menambahkan larutan molase 500 g diaduk hingga semua bahan tercampur. Fungsi molase sebagai sumber energi bagi mikroba untuk melakukan fermentasi. Wadah ekoenzim ditutup sehingga udara luar tidak dapat masuk dan disimpan pada tempat yang terhindar dari cahaya matahari sehingga wadah benar-benar tertutup. Proses fermentasi terjadi secara anaerob yang berlangsung selama 3 bulan untuk mendapatkan hasil yang baik.

3.5.2. Pembuatan Media Kultur Mikroba

3.5.2.1. Nutrien Agar (NA) untuk Biakan Bakteri

Media NA digunakan untuk meremajakan bakteri *Xanthomonas campestris*. Pembuatan media NA dilakukan dengan melarutkan 25 gr NA ke dalam 1000 mL aquades kemudian diaduk dengan batang pengaduk. Setelah larut, media dipanaskan hingga homogen di atas *hot plate* selama 30 menit. Media kemudian disterilisasi selama 15 menit dalam autoclave pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C. Media NA yang sudah steril dituangkan ke dalam cawan petri sebanyak 20 ml dan dibiarkan memadat (Juariah dan Tiana, 2021).

3.5.2.2. Potato Dextrose Agar (PDA) untuk Biakan Jamur

Media PDA digunakan untuk peremajaan jamur *Fusarium* sp. Media PDA dibuat dengan merebus 200 gr irisan kentang yang telah dibersihkan lalu direbus dalam kuades 1000 ml selama 30 menit di atas *hot plate*. Ke dalam sari air rebusan kentang yang disaring menggunakan kertas saring ditambahkan 20 gr *dextrose*, 150 ml ekstrak buncis, dan 13,5 gr agar-agar. Media kemudian dihomogenkan di atas *hot plate* selama 30 menit sebelum disterilisasi selama 15 menit dalam *autoclave* pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C. Media PDA yang sudah steril dituangkan ke dalam cawan petri masing-masing sebanyak 20 ml dan dibiarkan memadat (Tifany dan Amananti, 2020)

3.5.3. Peremajaan *Xanthomonas campestris*

Peremajaan *Xanthomonas campestris* dilakukan dengan menggunakan media Natrium Agar (NA) yang steril. Satu ose biakan bakteri secara aseptik diinokulasikan pada media NA padat dalam cawan petri dengan cara *streak* atau gores tunggal, kemudian biakan *Xanthomonas campestris* diinkubasi selama 48 jam dalam inkubator pada suhu optimal 28 °C - 30 °C (Azizah *et al.*, 2020).

3.5.4. Peremajaan Jamur *Fusarium* sp.

Peremajaan *Fusarium* sp. dilakukan menggunakan media PDA yang steril. Satu ose biakan jamur *Fusarium* sp. secara aseptik diinokulasikan pada media PDA padat dalam cawan petri kemudian diinkubasi selama 7 hari dalam inkubator pada suhu 28 °C-30 °C (Tifany dan Amananti, 2020).

3.5.5. Pembuatan suspensi bakteri *Xanthomonas campestris*

Isolat bakteri *Xanthomonas campestris* yang sudah dibiakan pada media Na diambil 1 jarum ose kemudian dilakukan suspensi dengan memasukan biakan ke dalam tabung reaksi yang berisi 5 ml NaCl steril 0.9%. Suspensi yang sudah jadi disesuaikan dengan standar McFarland dengan nomor 0.5 yaitu 1.5×10^8 CFU/ml (Aviany *et al.*, 2020).

3.5.6. Penentuan kepadatan suspensi Jamur *Fusarium sp.*

Perhitungan spora dilakukan dengan menggunakan rumus Gabriel dan Riyanto (1989). Jumlah kerapatan spora yang dihitung menggunakan *Haemocytometer* (Prescott, 2002). Inokulum *fusarium sp.* setelah diinkubasi selama 14 hari pada inkubator akan disuspensi pada dilusi tingkat pengenceran 1×10^6 sampai 1×10^8 . Suspensi dihomogenkan menggunakan *vortex* dengan tujuan agar spora menyebar secara merata. Suspensi diambil sebanyak 3 tetes menggunakan pipet tetes kemudian diletakan di atas *haemocytometer* ditutup dengan *cover glass*. Satuan jumlah spora dinyatakan dalam spora/ml dengan rumus Gabriel dan Riyanto (1989) dalam (Harlifia *et al.*, 2021) adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{t.d}{n.0.25} \times 10^7$$

Keterangan

- S : Jumlah spora
- t : Jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati
- d : Tingkat pengenceran
- n : Jumlah kotak sampel yang diamatai
- 0.25 : Faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada *haemocytometer*

3.5.7. Pemberian Ekoenzim Pada Tanaman Buncis

Uji *in vivo* diawali dengan pemilihan benih yang ukurannya sama, bersih dari kotoran, serta berukuran normal. Benih yang sudah diseleksi diberi perlakuan seperti dijelaskan pada rancangan percobaan. Konsentrasi ekoenzim yang akan digunakan adalah 25% dan 50 % Suspensi spora jamur *Fusarium* sp. adalah 1×10^7 spora/ml dan suspensi bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* adalah 1×10^7 CFU/ml Semua benih yang sudah diberi perlakuan kontrol, E1, dan E2 ditanam untuk diamati parameter pertumbuhan dan keterjadian penyakit serta keparahan penyakitnya selama 4 minggu.

3.5.8 Pengukuran Parameter yang Diamati

3.5.8.1 Parameter pertumbuhan

3.5.8.1.1 Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman buncis diukur setiap 7 hari sekali selama 30 hari. Tinggi tanaman diukur mulai dari permukaan tanaman sampai bagian tanaman yang paling tinggi menggunakan benang kasur. Panjang benang kasur yang diperoleh kemudian diukur menggunakan penggaris (Salsabila dan Winarsih, 2023).

3.5.8.1.2 Luas daun

Perhitungan luas daun dilakukan dengan metode gravimetri menggunakan alat timbangan analitik dan oven. Semua daun dari tanaman yang diamati digambar pada kertas, kemudian digunting replika daunnya. Semua replika daun yang diperoleh ditimbang beratnya. Sebagai standar digunakan kertas yang sama dengan ukuran 10 cm x 10 cm. Luas daun ditentukan dengan menggunakan rumus (Wicaksono, 2017).

$$\text{Luas daun} = \frac{\text{bobot replika daun}}{\text{bobot kertas ukuran } 10 \times 10} \times 100 \text{ cm}^2$$

3.5.8.1.3 Kecepatan Pertumbuhan

Kecepatan pertumbuhan tanaman ditentukan berdasarkan pertambahan tinggi tanaman menggunakan rumus:

$$KP = \frac{(Tm_2 - Tm_1)}{2 - 1}$$

Keterangan :

KP : kecepatan pertumbuhan (cm/minggu)

Tm₁ : Tinggi tanaman pada minggu ke-1

Tm₂ : Tinggi tanaman pada minggu ke-2

3.5.8.1.4 Berat segar tanaman

Berat segar tanaman dipanen pada minggu ke 4, sebelum ditimbang seluruh bagian tanaman dibersihkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran, kemudian ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik pada minggu terakhir pengamatan (Zulkifli *et al.*, 2020).

3.5.8.1.5 Berat kering tanaman

Pengukuran berat kering tanaman dilakukan pada minggu terakhir pengamatan. Tanaman yang sudah ditimbang berat segarnya kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 30 °C selama 48 jam. Berat kering tanaman ditimbang menggunakan timbangan analitik (Zulkifli *et al.*, 2020).

3.5.8.1.6 Kandungan Klorofil

Pengukuran kandungan klorofil secara spektrofotometrik berdasarkan hukum Lambert – Beer mengikuti metode Wintermans and De Mots (1965) dalam (Putri *et al.*, 2022). Daun ditimbang sebanyak 0.1 gr kemudian digerus menggunakan mortal dicampurkan etanol 96 % sebanyak 10 ml direndam selama 3 x 24 jam. Ekstrak disimpan pada ruangan yang tertutup dengan suhu ruang (25 °C) selama 3 hari. Ekstrak klorofil disaring menggunakan kertas *whatman* untuk diambil filtratnya. Filtrat klorofil dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dengan menambahkan 10 ml etanol 96 % sampai 100 ml. Larutan sampel diambil sebanyak 1 ml dimasukkan dalam kuvet. Setelah itu dilakukan pengukuran nilai absorbansi ($A = OD$) dengan menggunakan spektrofotometer UV Vis pada panjang gelombang (λ) = 649 dan 665 nm dengan 1 kali ulangan setiap sampel. Pengukuran kadar klorofil menggunakan rumus Wintermans and De Mots.

$$\text{Klorofil a} = (13.7 \times A_{665}) - (5.76 \times A_{649})$$

$$\text{Klorofil b} = (25.8 \times A_{649}) - (7.60 \times A_{665})$$

Kandungan klorofil total = Klorofil a + Klorofil b (mg/l) (Putri *et al.*, 2022).

3.5.8.2. Keterjadian dan keparahan penyakit

Pengamatan keterjadian penyakit diamati untuk melihat awal gejala adanya serangan penyakit dilakukan setiap hari selama 1 minggu pengamatan. Keterjadian penyakit diperoleh dengan rumus perhitungan Townsend dan Heuberger (2007) dalam (Masnilah *et al.*, 2020).

$$KP = \frac{a}{b} \times 100 \%$$

Keterangan :

KP : Keterjadian Penyakit

a : Jumlah tanaman yang menunjukkan adanya gejala

b : Jumlah tanaman yang diamati

3.5.8.2.1 Keparahan Penyakit

Pengamatan dan perhitungan intensitas keparahan penyakit dilakukan setiap minggu sekali selama pengamatan. Perhitungan keparahan penyakit dilakukan dengan menggunakan rumus Sinaga (2006) dalam (Kusuma *et al.*, 2016).

$$KP = \frac{\sum (n \times V)}{Z \times N} \times 100 \%$$

Keterangan

KP : Keparahan penyakit

n : Jumlah daun yang terinfeksi

V : Nilai skoring setiap kategori infeksi

Z : Nilai skoring infeksi tertinggi (Z=5)

N : Jumlah daun yang diamati

Nilai skoring yang digunakan adalah

0 : Tidak terinfeksi

1 : Jumlah daun terinfeksi 1-25 %

2 : Jumlah daun terinfeksi 26 – 50 %

3 : Jumlah daun terinfeksi 51- 75 %

4 : Jumlah daun terinfeksi 76-100 %

3.6. Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis dengan menggunakan aplikasi Minitab versi 20, dan dilanjutkan dengan analisis *Tukey* pada taraf nyata 5%.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. pemberian ekeozim dari kulit pisang kepok muda pada konsentrasi 50% dapat menghambat keparahan penyakit pada tanaman buncis akibat infeksi bakteri *Xanthomonas campestris* dan jamur *Fusarium* sp. Namun daya hambat ekeozim terhadap keparahan penyakit akibat *Xanthomonas campestris* lebih tinggi daripada keparahan penyakit akibat jamur *Fusarium* sp.
2. pemberian ekeozim dari kulit pisang kepok muda dapat meningkatkan laju pertumbuhan tinggi tanaman, kecepatan pertumbuhan, luas daun, berat segar, berat kering, dan kandungan klorofil a, b, dan total pada tanaman buncis yang diinfeksi *Xanthomonas campestris* dan *Fusarium* sp.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka pada penelitian selanjutnya disarankan untuk:

1. menambahkan parameter pengamatan fisiologi tanaman seperti analisis kandungan karbohidrat dan enzim peroksidase untuk mengetahui pengaruh ekeenzim terhadap ketahanan tanaman yang diserang oleh mikroba patogen.
2. menggunakan ekeenzim dari kulit pisang kepok muda untuk menghambat pertumbuhan serangga pada tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfauzi, R., A., A., B., F., Sihite, M., dan Hidayah, N. 2021. Potensi Kulit Jengkol Sebagai Agen Penurun Kolesterol Daging Itik Magelang. *Jurnal Sains Peternakan Indonesia*.16(1):98–107. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/jspi/article/view/12810>
- Amna, U. da. H. 2018. Isolasi dan karakterisasi senyawa alkaloid dari tumbuhan *Alseodaphne peduncularis* (Wall. Ex. Ness) Meisnm (Medang Hitam) serta uji sitotoksik terhadap sel HeLa (Kanker Servik).*Jurnal Ilmiah Jurutera*.3(2):001–005. <https://ejournalunsam.id/index.php/jurutera/article/view/1642/1211>
- Amrita, D., Wahdaniyah, H., Amanah, H., dan A. 2022. Diagnosis Visual Masalah Unsur Hara Esensial Pada Berbagai Jenis Tanaman. *Media Informasi Sains Dan Teknologi*.16(1):139–150. <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/teknoains/article/view/28639>
- Anggraini, W., Nisa, S., C., dan Rani, K. 2019. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol 96% Buah Blewah (*Cucumis melo* L. var. *cantalupensis*) terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. *Pharmaceutical Journal of Indonesia*, 5(1):61–66. <https://pji.ub.ac.id/index.php/pji/article/view/168>
- Astuti, D., Kawiji, N., dan Ninda, E. 2020. Kajian Sifat Fisik dan Kimia Sensoris Cracekers Substitusi Tepung Sukun Termodifikasi Asam Asetat Dengan Penambahan Sari Daun Pandan Wangi. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*.11(1):1–10. <https://jurnal.uns.ac.id/ilmupangan/article/view/29086>
- Ateik, M., F. 2022. *Aplikasi Aereted Compost Tea Serat Bromelain yang diinduksi Inokulum Trichoderma sp. In Dalam penekanan penyakit Fusarium sp. Dan Pertumbuhan Tanaman Selada (Lactuca sativa L).*(Skripsi). Universitas Lampung. Lampung <https://doi.org/http://digilib.unila.ac.id/64745/>
- Aviany, H., B., Aryani, P., dan Indah, S. 2020. Analisis Efektivitas Probiotik Di Dalam Produk Kecantikan Sebagai Antibakteri Terhadap Bakteri *Staphylococcus epidermidis*. *Jurnal Berkala Bioteknologi*. 3(2):24–30. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/bb/article/view/9657>

- Azizah, M., Lingga, L., S., dan Ridwan, Y. 2020. Uji Aktivitas Antibakteri Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Seledri (*Apium graveolens* L.) dan Madu Hutan Terhadap Beberapa Bakteri Penyebab Penyakit Kulit. *Jurnal Penelitian Sains*. 22(1):37–44.
<http://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/article/view/547>
- Barek, K. A. 2017. Teh Kompos dan Pemanfaatannya Sebagai Sumber Hara dan Agen Ketahanan Tanaman. *Jurnal Savana Cendana*. 2(4):68–70.
<https://media.neliti.com/media/publications/237690-compost-tea-and-its-use-as-a-source-of-n-658576d9.pdf>
- Carsono, N., A., W., D., N., dan Sari, S. 2021. Periode Inkubasi, tingkat keparahan, dan ketahanan sepuluh genotipe padi harapan terhadap penyakit hawar daun bakteri strain III, IV Dan VIII. *Jurnal Kultivasi*. 20(3):175–182.
<https://jurnal.unpad.ac.id/kultivasi/article/download/33373/16552>
- Cronquist, A. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants, Columbia University Press, New York.
- Darmawan, Y., Rangga, M., dan Sari, I. 2015. Pengaruh Berbagai Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Kako (*Theobroma cacao* L.) *Jurnal Ilmiah Budidaya Dan Pengelolaan Tanaman Perkebunan*. 4(1):13–18.
<https://ppnp.e-journal.id/agro/article/view/19>
- Dayan, H., Subagiono, dan Linda, S. 2019. Karakter Morfologi Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Terhadap Pemberian Limbah Kulit Kopi. *Jurnal Sains Agro*. 4(1):12–19. <https://ojs.umb-bungo.ac.id/index.php/saingro/article/view/245>
- Dewi, M., A., Rania, A., R., dan Nurman, Y., A. 2014. Uji Aktivitas Antimikroba Ekoenzim terhadap *Escherichia coli* dan *Shigella dysenteriae*. *Jurnal Simanar Nasional Farmasi*. 2(3):5–11. <http://snifa.unjani.ac.id/wp-content/uploads/2017/08/011.pdf>
- Diatri, E., A., Muksin L., dan Intan, Z. 2018. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair dari Limbah Buah Kulit Pisang Kepok (*Musa x paradisiaca*) terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L. var *Blitum rubrum*). *Jurnal Pendidikan Biologi Dan Bisains*. 1(2):16–4.
<https://journal.stkipypmbangko.ac.id/index.php/biocolony/article/view/104>
- Ernawati, E., Pratami, G., D., Endah, S., dan K. Iascha, G. 2021. Karakteristik Struktur Morfologi Dan Viabilitas Polen Dari Lima Kultivar Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.). *Jurnal Buletin Kebun Raya*. 24(1):35–41.
<https://publikasikr.lipi.go.id/index.php/buletin/article/view/720>

- Fransiskus, G., Hernawaty, B., H., dan Karo-karo.2022. Pemanfaatan pupuk ekoenzin dalam pertumbuhan dan produksi tanaman bawang merah (*Allium cepa* L.). *Jurnal Darma Agung*. 30(1):142–159.
<https://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/jurnaluda/article/view/1433>
- Gemayangsuar, D., dan N. 2015. Khasiat Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*) sebagai agen Preventif ulkus Gaster. *Jurnal Farmasi Dan Kesehatan*. 4(8):27–33.
<https://juke.kedokteran.unila.ac.id/index.php/majority/article/view/1467>
- Glinton, K., E., A., J., M., dan Genet, A. 2021. Pheotypic Expansion of the BPTF-related neurodevelopmental disorder with dysmorphic facies and distal limb anomalies. *Jurnal National Center for Biotechnology Information*. 2(12):412–500. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33522091/>
- Harlifia, N., F., Irawan, B., F., dan Sari, S. 2021. Manufacture of Ligninolytic Fungi Inoculum *Geotrichum* sp. With Sorghum (*Sorghum bicolor*) Media And Its Effect On The Quality Of Bambo Leaf Compost (*Bambusa* sp.) *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen Dan Keanekaragaman Hayati*. 8(1):61–69. <https://jurnalbiologi.fmipa.unila.ac.id/index.php/jbekh/article/view/163>
- Herwati, A. 2017. Isolasi dan karakterisasi penyebab penyakit hawar daun bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) pada tanaman padi di wilayah Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains Indonesia*. 3(2):47–53.
<https://journal.uncp.ac.id/index.php/perbal/article/view/59>
- Hibbett D.S., Binder M., Bischoff J.F., Blackwell M. dan Cannon P.F. 2007. Taxonomicon. <http://taxonomicon.taxonomy.nl/TaxonReferences.aspx?id=697733&tree=0.2&syn=1.>
- Hutabalian, M., Pinem, M., I., dan Okta, M. 2015. Uji Antagonisme Beberapa Jamur Saprofit dan Endofit Dari Tanaman pisang terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *Cubens* Di Laboratorium. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 3(2):687–695. <https://media.neliti.com/media/publications/104451-ID-uji-antagonisme-beberapa-jamur-saprofit.pdf>
- Idris, H. 2016. Tanaman Kecubung (*Datura metel* L.) Sebagai Bahan Baku Insektisida Botanis untuk Mengendalikan Hama *Aspidomarpha miliaris* F. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. 21(1):41–46.
<https://www.neliti.com/id/publications/139137/tanaman-kecubung-datura-metel-l-sebagai-bahan-baku-insektisida-botanis-untuk-men>

- Indrianto, A., dan Astina. 2020. Pengaruh Kosentrasi Compost Tea Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Hijau. In *Artikel Ilmiah Fakultas Pertanian. Universitas Tanjungpura*.
<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jspp/article/view/43726/pdf>
- Juariah, S., dan Tiana, R. 2021. Media Alternatif Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* Dari Biji Durian (*Durio zibetinus*) Murr. *Jurnal Sains Dan Teknologi*. 9(1):19–25. <https://ejournal.poltekkes-denpasar.ac.id/index.php/M/article/view/1400>
- Khairunnisa, A., Hendriani, R., dan Chandra, A. 2019. Kandungan aktivitas farmakologi tanaman trengguli (*Cassia fistula* L.) *Jurnal Farmaka*. 17(3): 71–77. <https://jurnal.unpad.ac.id/farmaka/article/view/22016>
- Khasanah, A., Hejoeningtiyas, O., D., dan Bagus, G., P. (2017). Uji Pupuk Urea Slow Release Matriks Komposit Pada Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Caisin (*Brassica chinensis* L.) *Jurnal Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Dalam Perspektif Teknologi, Sosial, Dan Ekonomi*. 3(1):173–180. <https://digitallibrary.ump.ac.id/988/>
- Killa, Y., M., dan Sudarma, I., M. 2021. Kadar Klorofil Daun Rumput Odot (*Pennisetum purpureum* ev. *Mott*) pada Perlakuan Dosis Pupuk Bokashi Sludge Biogas. *Jurnal Tabaro*. 5(2):550–554.
<https://www.unanda.ac.id/ojs/index.php/jtas/article/download/1013/631>
- Komala, O., Yulianita., dan Sari, F.R. 2019. Aktivitas antijamur ekstrak etanol 50% dan etanol 96% daun pacar kuku (*Lawsonia inermis* L.) terhadap *Trichopyton mentagrophytes*. *Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar Dan Lingkungan Hidup*. 19(1):12–19.
<https://journal.unpak.ac.id/index.php/ekologia/article/view/1657>
- Kusuma, R., Sa'adyah, N., dan Nurmiaty, Y. 2016. Keragaman Fenotipe dan Heritabilitas Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill.) Generasi F6 Hasil Persilangan Wilis X Mlg2521. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 16(2): 85–93. <https://jurnal.polinela.ac.id/index.php/JPPT/article/view/88>
- Manuhuttu, A., P., R., H., Karisma J., J., dan Ayunda, G. 2014. Pengaruh Kosentrasi Pupuk Hayati Bioboost Terhadap Peningkatan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) *Jurnal Ilmu Budidaya Tanaman*. 3(1):1–74.
<https://ojs.unpatti.ac.id/index.php/agrologia/article/view/256>
- Masnilah, R., Wahyuni, W., S., M., dan Wulandari, A. 2020. Insidensi dan Keparahan Penyakit Penting Tanaman Padi Di Kabupaten Jember. *Jurnal Agritrop*. 8(1):1–12.
<https://doi.org/http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/AGRITROP/article>

/download/3103/2595

- Mastuti, S. 2022. Potensi Bakteriosin pada Bakteri Asam Laktat terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*. 11(1):25–30. <https://akper-sandikarsa.e-journal.id/JIKSH/article/download/650/459>
- Maulana, R., Khumaeroh, S., dan M. 2021. Pelatihan Pembuatan Ekoenzim di tengah Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Proceedings UIN Sunan Gunung Jati Bandung*. 1(36):160–167. <https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/sinarsangsurya/article/view/1505>
- Megah, S. I., Dewi, D. S., & Wilany, E. 2018. Pemanfaatan limbah rumah tangga digunakan untuk obat dan kebersihan. *Jurnal Minda Baharu*. 2(1):50–58. <https://www.journal.unrika.ac.id/index.php/MNDBHRU/article/view/2275/0>
- Merisca, S., E. 2022. *Uji Efektivitas Aerated Compost Tea Serat Bromelain yang Diinduksi Inokulum Trichordema sp. Terhadap Penekanan Patogen Xanthomonas Campestris Pv. Campestris Dan Pertumbuhan Tanaman Buncis (Phaseolus Vulgaris L)* (Tesis). Universitas Lampung. Lampung http://digilib.unila.ac.id/64746/3/TESIS_TANPA_BAB_PEMBAHASAN.pdf
- Monica, E. R. 2018. *Potensi kulit pisang kepok kuning (Musa paradisiaca L.) sebagai bahan tambahan dalam pembuatan es krim*. (Skripsi). Unsadha. Yogyakarta. <https://repository.usd.ac.id/28755/>
- Mukhoyaroh, N. I., dan H. L. 2022. Etnobotani pemanfaatan pisang lokal (*Musa spp.*) Di desa Srignonco Kecamatan Bantur, Kabupaten Malang. *Biotropika : Jurnal of Tropical Biologi*. 8(1):43–53. <https://biotropika.ub.ac.id/index.php/biotropika/article/view/607>
- Nabila, R., Purnamasari, C., B., dan A. 2021. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Kayu Manis (*Cinnamomum burmanni blume*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Parphyromonas gingivalis* Dengan Metode Disc Diffusion. *Jurnal Kedokteran Mulawarman*. 8(2):64–72. <https://e-journals.unmul.ac.id/index.php/JKM/article/view/6404>
- Naiola, E. 2008. Isolasi dan Seleksi Mikroba Amilolitik Dari Makanan Fermentasi Ragi Tapai Gambut di Kalimantan Selatan. *Jurnal Berk Panel Hayati*. 3(2): 23–30. <https://berkalahayati.org/files/journals/1/articles/423/submission/423-1382-1-SM.pdf>
- Nasrun, J., dan Herawati. 2019. Pemanfaatan limbah kulit pisang barangan sebagai bahan pembuatan pupuk cair. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 5(2): 19–26. <https://ojs.unimal.ac.id/jtk/article/view/86>

- Ngittu, Y. S., Mantiri, F. R., Tallei, T. E., dan Kandou, F. E. F. 2014. Identifikasi genus jamur *Fusarium* yang menginfeksi eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) di danau Tondano. *Jurnal Ilmiah Farmasi*. 3(3):156–161. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/pharmacon/article/view/5321>
- Ningrum, R., Purwanti, E., dan Sukarsono. 2016. Identifikasi senyawa alkaloid dari batang karamunting (*Rhodymyrtus tomentosa*) sebagai bahan ajar biologi untuk SMA kelas X. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 2(3):231–236. <https://eprints.umm.ac.id/20887/>
- Noveriza, R., dan Melati. 2022. Potensi Pemanfaatan Ekoenzim Air Cucian Beras Sebagai Biopestisida dan Biofertilizer. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional MIPA UNIPA*. 3(1):44–54. <http://prosiding.fmipa.unipa.ac.id/index.php/SNMIPAUNIPA/article/view/7>
- Novita, M., S., dan D., dan L. 2021. Perbandingan Efektivitas Antibakteri Ekstrak Daun Jambu Biji Australia dengan Ekstrak Daun Jambu Biji Lokal Terhadap Bakteri *Escherichia coli* dan *Bacillus subtilis*. *Jurnal Farmasi Malahayati*. 4(2):138–149. <https://ejournalmalahayati.ac.id/index.php/farmasi/article/view/5463/0>
- Novitasari, V., Agustina, R., Irawan, B., dan Yulianty. 2019. Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tomat (*Lycopersicon esulentum* Mill.) dari Benih Lama yang Diinduksi Kuat Medan Magnet 0.1 mT, 0.2 mT, dan 0.3 mT. *Jurnal Biologi Indonesia*. 15(2):219–225 https://ejournal.biologi.lipi.go.id/index.php/jurnal_biologi_indonesia/article/view/3816
- Nurjaman, K. M., Wulandari, A. S., dan Istikorini, Y. 2018. Effect of Endophytic Fungi Inoculation and Ecoenzyme on the Growth of Gmelina (*Gmelina arborea* (Roxb.) Seedlings. *Journal IOP C Onf. Series: Earth and Environmental Science*. 8(3):1–8. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/959/1/012011/meta>
- Pambudi, A. 2014. Identifikasi bioaktif golongan flavanoid tanaman anting-anting (*Acalypha indica* L.) *Jurnal AL-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi* 2(3):76–84. <https://jurnal.uai.ac.id/index.php/SST/article/view/139>
- Paramita, P., Maya, S., dan Kuswytasari, N. D. (2012). Biodegradasi limbah organik pasar dengan menggunakan mikroorganisme alami tangki septik. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*. 1(2):23–26. https://ejournal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/780

- Pasalo, N., M., K., F., E., Singkoh, M., dan Fendi, O. 2022. Uji Antagonisme Jamur *Trichordema* sp. Terhadap Patogen *Fusarium* sp. pada tanaman Bawang Merah (*Allium cepa*) Isolat Lokal Tonsower Secara In vitro. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*. 13(2):1–7.
<https://journal.unhas.ac.id/index.php/jai2/article/view/22334>
- Pramitasari, H., E., T., W., dan M., dan N. 2016. Pengaruh Dosis Pupuk Nitrogen dan Tingkat Kepadatan tanaman Terhadap Pertumbuhan dan Hasil tanaman Kailan (*Brassica oleraceae* L.) *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(1):49–56. <https://www.neliti.com/publications/131008/pengaruh-dosis-pupuk-nitrogen-dan-tingkat-kepadatan-tanaman-terhadap-pertumbuhan>
- Prasetio, V. M., Ristiawati, T., & Philiyanti, F. 2021. Manfaat ekoenzim pada lingkungan hidup serta workshop pembuatan ekoenzim. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 1(1):21–29.
<https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/darmacitya/article/view/24071>
- Pratama, A. 2018. *Pengaruh Ekoenzim dan Vermikompos Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Seledri (Apium graveolens L.)* (Skripsi). Universitas Islam Riau. Pekanbaru. <https://repository.uir.ac.id/12250/1/174110380.pdf>
- Pratama, H., Y., E., Mahmud, N., dan R. 2018. Uji Anti bakteri Ekstrak Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa paradisiaca x balbisiana*) Mentah Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Sainsmet*. 7(2):147–152. <https://ojs.unm.ac.id/sainsmat/article/view/7367>
- Putri, R., K., P., S., P., T., dan P., dan E. 2022. Analisis Kandungan Klorofil Tanaman Hias Aglaonema. *Jurnal Biosense*. 6(1):34–40.
<https://www.google.com/interstitial?url=https://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/BIOSENSE/article/view/1904>
- Rahmadani, D., D., N., E., W., dan S., dan M. 2020. Analisis Kadar Klorofil Setelah diinduksi Indole Acetic Acid (IAA) Secara In Vitro. *Seminar Nasional Biologi*. 3(1):12–16.
http://repository.lppm.unila.ac.id/21922/1/Jurnal_Analiti_Desti.Deria.pdf
- Rahmawati, T., I., A., A., dan H., dan S. 2019. Kandungan Kalium dan Rasio C/N Pupuk Organik Cair (POC) Berbahan Daun-Daun dan Urine Kambing dengan Penambahan Bioaktivator Ragi Tape (*Saccharomyces cerevisiae*.) *Hasan/Buletin Nutrisi Dan Makanan Ternak*. 14(2):50–60.
<https://journal.unhas.ac.id/index.php/bnmt/article/view/12553>

- Rahmayati, K. 2021. Kacang buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) mampu menurunkan kadar glukosa dalam darah pada penderita diabetes mellitus. *Jurnal Pedago Biologi*. 9(1):48–57. <https://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/Biologi/article/view/9345>
- Rahmi, A., Hardi, N., dan Hevira, L. 2021. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Pisang Kepok Pisang Mas dan Pisang Nangka Menggunakan Metode DPPH. *Jurnal Ilmu Farmasi Dan Farmasi Klinik*. 18(2):77–84. <https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/Farmasi/article/view/5961>
- Ramadhian, A. 2020. *Jenis Penyakit Jamur dan Presentasinya Pada Tanaman Buncis (Phaseolus vulgaris L.) di Desa Serang, Kecamatan Karangreja, Kabupaten Purbalingga*. (Skripsi). Universitas Jendral Sudirman. [http://repository.unsoed.ac.id/6687/1/COVER-Annisa Ramadhian-B1A016127-Skripsi-FABIO-2020.pdf](http://repository.unsoed.ac.id/6687/1/COVER-Annisa%20Ramadhian-B1A016127-Skripsi-FABIO-2020.pdf)
- Reinhard, H., S., dan M., dan S. 2017. Pemeriksaan Alkaloid dari Beberapa Tanaman *Familia Solanaceae* Serta Identifikasinya dengan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) *Jurnal Farmanesia*. 4(1):27–38. <http://e-journal.sari-mutiara.ac.id/index.php/2/article/view/257>
- Rianditya, O., D., dan H., dan S. 2020. Pengaruh Pemberian Pupuk Fosfor Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tebu Var.Bululawang Hasil Mutasi. *Jurnal Berkala Ilmiah Pertanian*. 5(1):52–57. <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/BIP/article/view/29677/11921>
- Riyanto, R., Anita, dan F., dan A. 2019. Edukasi Mengenai Dampak Pestisida Berbahaya Bagi Petani Di Desa Layao, Kec. Gantarangeke, Kab.Bantaeng. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 4(3):405–409. <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/view/1707>
- Rochyani, N., Utpalasari, R., L., dan D., dan I. 2020. Analisis Hasil Konversi Eco Enzyme menggunakan Nanas (*Ananas comas*) dan Pepaya (*Carica papaya* L. *Jurnal Ilmiah*. 5(2):135–140. <https://jurnal.univpgripalembang.ac.id/index.php/redoks/article/view/5060>
- Rofiansyah, dan Sopilena, S. S. 2017. Inventarisasi cendawan mikro serta potensinya sebagai biofertilizer dan agensi pengendali hayati pada lahan reklamasi tambang batu bara di Samarinda. *Jurnal Agrifor*. 16(2):275–287. <https://onsearch.id/Record/IOS1.INLIS00000000614703>

- Rukmana, E. 2014. Pengembangan media pembelajaran biologi berbasis chart berupa biocompass untuk materi protista di SMA Negeri 1 Donri-Donri. *Jurnal Nalar Pendidikan*. 2(1):53–59.
<http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1566118&val=4360&title=>
- Ryan, I., dan Pigai, S. 2020. Morfologi Tanaman Pisang Jikikago Berdasarkan Kearifan Lokal Suku Mee Di Kampung Idaiyo Distrik Obano Kabupaten Paniai. *Jurnal Ilmiah Dan Teknologi*. 2(1):1–8. <https://uswim.ejournal.id/fapertanak/article/view/207>
- Salsabila, K., dan Winarsih, R. 2023. Efektivitas Pemberian Ekoenzim Kulit Buah Sebagai Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L). *Jurnal LenteraBio*. 3(2):34-40.
<https://doi.org/https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/article/download/17456/9096/74082>
- Sari, N., K., Y., Sumadewi, N., dan U. 2020. Aktivitas antifungi saponin bunga kamboja putih (*Plumeria acuminata*) pada *Candida albicans* ATCC 10231. *Metamorfosa : Journal of Biologi Sciences*. 8(1):74–80.
<https://www.readcube.com/articles/10.24843%2Fmetamorfosa.2021.v08.i01.p07>
- Septiani, U., Najmi, N., dan Oktaviani. 2021. Eco- Enzym: Pengolahan Sampah Rymah Tangga Menjadi Produk Serbaguna di Yogyakarta Khazanah Kebajikan. *Jurnal Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ*. 2(1):1–7. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat/article/view/11122>
- Sirajudin, S., Barupala, D., dan Helling, S. 2014. Effects of zinc on particulate methane monooxygenase activity and structure. *Journal of Biological Chemistry*. 289(31):21782–21794.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24942740/>
- Siswarni, A., D., K., dan Binjati, R. 2017. Uji Efektifitas daya anthelmitik infusa biji labu kuning (*Cucurbita moschata* Durch) terhadap cacing *Fasciola gigantica* seera In Vitro. *Journal of Parasite Medica*. 59(3):250–252.
<https://e-journal.unair.ac.id/JoPS/article/download/16233/8710>
- Sittepu, F., E., M., L., dan P., dan I. 2014. Penyakit Layu *Fusarium* sp. Pada Tanaman Pisang (*Musa* spp.) Dan Hubungannya Dengan Keberadaan *Nematoda Radopholus simillis* Di Lapangan. *Jurnal Online Agroetnologi*. 2(3):1204 – 1211.
<https://jurnal.usu.ac.id/index.php/agroekoteknologi/article/view/7537>

- Sonja, V., T., L., dan S., B. 2017. 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.
<https://jsk.farmasi.unmul.ac.id/index.php/jsk/article/view/87>
- Subesti, E., Hadinoto, dan S., dan D. 2022. Pestisida Organik Berbahan Tanaman/Rempah sebagai Solusi Untuk Organisme Pengganggu Tanaman. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 3(1):61–68.
<https://journal.unilak.ac.id/index.php/Fleksibel/article/download/9482/3892>
- Tati, S., dan Anhar, A. 2022. Pengaruh Pemberian Kosentrasi Ekoenzim terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) *Serambi Biologi*. 7(2):186–191. <http://repository.unp.ac.id/40422/>
- Tiffany, I., dan Amananti, W. 2020. Uji Efektivitas Antifungi Perasan Daun Turi Terhadap Jamur *Candida albicans*. *Jurnal Farmasi*. 17(1):35–41.
<https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/PHARMACY/article/view/5867>
- Variani, Y., A., Setyaningrum, E., Handayani, K., Nukmal, N., dan Arifiyanto, A. 2021. Analisis Senyawa Bioaktif Ekstrak Metabolit Sekunder *Serratia mercensens* strain MBCI. *Indonesian Journal of Chemical Analysis*. 4(2):64–71 <http://repository.lppm.unila.ac.id/34139/>
- Wardhany, G., A., dan W., dan W., T. 2018. Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*) sebagai Biosorben Ion Timbal(II) *Jurnal Kima Valensi*. 4(2):143–148. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24942740/>
- Wibowo, R., H., D., W., S., dan Adfa, M. 2021. Bakteri Penghasil Amylase yang di Isolasi dari Ekoenzim Limbah Buah-buahan. *Jurnal Biosilampari: Jurnal Biologi*. 4(2):107–117. <https://ojs.stkipgri-lubuklinggau.ac.id/index.php/JB/article/view/1531>
- Wicaksono, F., dan Y. 2017. Perbandingan Pengukuran Luas Daun Kedelai Dengan Metode Gravimetri, Regresi dan Scanner. *Jurnal Kultivasi*. 16(3):425–429. <http://jurnal.unpad.ac.id/kultivasi/article/view/14448>
- Woese, C., R., Kandler, O., dan Wheelis, M., L. 1990. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Journal National Library of Medicine*. 87(12):4576–4590
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2112744/>
- Yana, Y., E., dan N., dan N. 2021. Klasifikasi jenis berdasarkan fitur warna, tekstur, bentuk citra menggunakan SVM dan KNN. *Journal of Computer, Information System, & Technology Management*. 4(1):28–36. <http://e-journal.unipma.ac.id/index.php/RESEARCH/article/view/6687/0>

- Yolanda, A. 2021. *Pemanfaatan Limbah Kulit Buah dan Sayur untuk Produksi Ekoenzim sebagai Anti Bakteri Terhadap Staphylococcus aureus, S. Epidermidis Penyebab Infeksi Kulit.* (Skripsi). Universitas Muhamadiyah. Semarang. <http://scholar.unand.ac.id/96895/>
- Yuliana, S., R., I., Leman, M., A., dan A., P., S. 2015. Uji daya hambat senyawa saponin batang pisang (*Musa paradisiaca*) terhadap pertumbuhan candida albicans. *Jurnal-EGIGI*. 3(2):616–620.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/egigi/article/view/10486>
- Yuliasih. 2016. *Biosistematika berbagai varietas pisang.*(Skripsi) Universitas Airlangga. Surabaya. <https://repository.unair.ac.id/52370/>
- Yusi, H. 2018. Identifikasi senyawa tanin pada daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L) *Jurnal Optimalisasi*. 4(2):78–82.
<http://jurnal.utu.ac.id/joptimalisasi/article/view/1475>
- Yuska, N., Hepiyonsori., dan A., Y. 2020. Identifikasi dan penetapan kadar senyawa tanin pada ekstrak daun biduri (*Calotropis gigantea*) metode spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Imiah Manuntung*. 6(1):57–64.
<https://www.jurnal.stiksam.ac.id/index.php/jim/article/view/307/164>
- Zulfia, A., & Yusuf, R. 2017. Pengendalian Penyakit Layu Fusarium sp. Dengan Berbagai Dosis *Trichoderma*. *Prosiding Seminar Nasional Agroinovasi Spesifik Lokasi Untuk Ketahanan Pangan Pada Era Masyarakat Ekonomi Asean*. 16(2):992–1004.
<https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/7357>
- Zulkifli, H., B., T., Kurnia, N., A., dan Bahri, Y. 2020. Analisis Pertumbuhan, Asimilasi Bersih Dan Produksi Terung (*Solanum melongena* L.) Dosis Pupuk Kandang Kambing dan Pupuk NPK. *Jurnal Agroteknologi Tropioka*. 8(2):295–310. <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JA/article/view/3784>