

**DAYA HAMBAT EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK MANADO
(*Musa x paradisiaca*) TUA TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI
(*Xanthromonas campestris* pv. *campestris*) DAN JAMUR (*Fusarium* sp.)
PADA TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)**

SKRIPSI

Oleh

**GONIATUN NURUDZOLAM
1917061007**



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

ABSTRAK

DAYA HAMBAT EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK MANADO (*Musa x paradisiaca*) TUA TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) DAN JAMUR (*Fusarium* sp.) PADA TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L)

Oleh

GONIATUN NURUDZOLAM

Buncis merupakan sayuran kacang-kacangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Namun kendala yang sering dihadapi dalam budidaya buncis adalah keberadaan bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* sebagai penyebab penyakit hawar daun dan jamur *Fusarium* sp. penyebab penyakit layu fusarium. Upaya pengendalian hama tanaman umumnya menggunakan pestisida sintesis namun penggunaannya sering menimbulkan dampak buruk bagi kelestarian lingkungan dan kesehatan manusia. Pemanfaatan ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado tua merupakan upaya alternatif sebagai pengendalian patogen untuk mengurangi dampak negatif penggunaan pestisida sintesis. Kulit pisang mengandung magnesium, sodium, fosfor dan sulfur juga senyawa alkaloid, fenol, flavonoid dan saponin sehingga dapat dijadikan sebagai pupuk organik cair dan diduga dapat menekan pertumbuhan hama patogen pada tanaman buncis. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pemberian ekoenzim dari kulit pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca*) tua terhadap pertumbuhan tanaman buncis yang diinfeksi patogen. Metode penelitian yang digunakan adalah Rancangan Kelompok Acak Lengkap (RAKL) terdiri dari 2 perlakuan yaitu pemberian ekoenzim dan infeksi mikroba uji dengan 5 kali ulangan. Parameter yang diamati mencakup keterjadian penyakit, keparahan penyakit dan pertumbuhan tanaman. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan model SPSS 26 dengan *Analysis of variance* (ANOVA) pada $\alpha = 5\%$ dan dilanjutkan dengan uji *Tukey* jika terdapat pengaruh nyata terhadap parameter yang diamati. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian ekoenzim dengan konsentrasi 50% terhadap tanaman buncis yang diinfeksi *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (E2X) mampu menurunkan penyakit akibat infeksi pada tanaman buncis dan pemberian ekoenzim dengan konsentrasi 50% memberikan pengaruh yang lebih tinggi terhadap pertumbuhan morfologi serta fisiologi tanaman buncis yang diinfeksi oleh *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. (E2X) dibandingkan dengan tanaman buncis yang diinfeksi *Fusarium* sp (E2F).

Kata kunci : Buncis, ekoenzim, *Fusarium* sp., *Xanthomonas campestris*

**DAYA HAMBAT EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK MANADO
(*Musa x paradisiaca*) TUA TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI (*Xanthromonas campestris* pv. *campestris*)
DAN JAMUR (*Fusarium* sp.)
PADA TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L)**

Oleh

GONIATUN NURUDZOLAM

SKRIPSI

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

Pada

**Program Studi Biologi Terapan
Jurusan Biologi
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **DAYA HAMBAT EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK MANADO (*Musa x paradisiaca*) TUA TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI (*Xanthromonas campestris* pv. *campestris*) DAN JAMUR (*Fusarium* sp.) PADA TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Nama Mahasiswa : **Goniatun Nurudzolam**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917061007

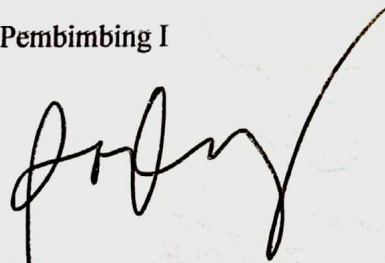
Program Studi : Biologi Terapan

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Rochmah Agustrina, Ph.D.
NIP. 196108031989022001

Pembimbing II



Gina Danla Pratami, S.Si., M.Si.
NIP. 198804222015042001

2. Ketua Jurusan Biologi

FMIPA Universitas Lampung

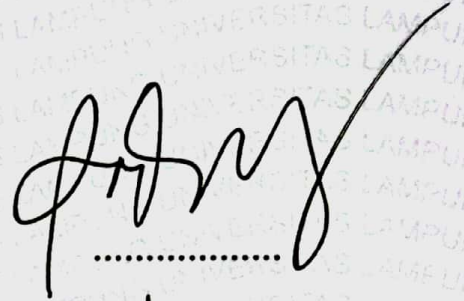


Dr. Jani Mastér, S.Si., M.Si.
NIP.19830112008121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

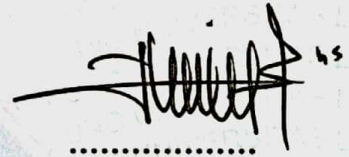
Ketua : Rochmah Agustrina, Ph.D.



Sekretaris : Gina Dania Pratami, S.Si., M.Si.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dra. Yulianty, M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 Juli 2023

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Goniatun Nurudzolam
NPM : 1917061007
Jurusan : Biologi / Biologi Terapan
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

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

**“ DAYA HAMBAT EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK
MANADO (*Musa x paradisiaca*) TUA TERHADAP PERTUMBUHAN
BAKTERI (*Xanthromonas campestris* pv. *campestris*)
DAN JAMUR (*Fusarium* sp.)
PADA TANAMAN BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L)”**

baik data maupun pembahasannya adalah benar karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Skripsi ini merupakan bagian dari penelitian Mahasiswa S3 yaitu Dwijo Asih S.Si., M. Si dengan tema: **potensi ekoenzim sebagai sumber anti mikroba patogen pada tanaman**, yang saya susun mengikuti pedoman dan norma akademik yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat. Apabila dikemudian hari dalam karya ini ditemukan kecurangan, maka saya siap menerima mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 12 Juli 2023

Yang menyatakan,

Goniatun Nurudzolam

NPM. 1917061007

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Serang, Provinsi Banten pada 19 November 2000. Penulis merupakan putri pertama dari pasangan Bapak Joko Gunawan dan Ibu Ani Handayani. Penulis mengenyam pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN Lopang Domba kota serang pada tahun 2007-2013, penulis melanjutkan pendidikan di MTs Negeri 1 Kota Serang pada tahun 2013-2016 dan menyelesaikan sekolah menengah atas di Madrasah Aliyah Pondok Pesantren Turus Pandeglang Banten, pada tahun 2016-2019. Penulis melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi pada tahun 2019 pada Program Studi Biologi Terapan jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswi biologi terapan, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Teknik Kultur *in-vitro* Tumbuhan pada tahun 2021, penulis juga menjabat sebagai Koordinator Beasiswa Cendekia Baznas Unila pada tahun 2022-2023 dan sebagai Mentor Sahabat Pelajar BSI Maslahat tahun 2023. Selama kuliah penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BBPOM) di Serang pada bulan Juni-Agustus 2022 dan telah menyelesaikan seminar Kerja Praktik (KP) dengan judul “**Uji Angka Lempeng Total (ALT) dan Uji Angka Paling Mungkin (APM) Bakteri *Escherichia coli* pada Sampel Minuman Teh dalam Kemasan**”. Penulis juga sudah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Cikoneng Kecamatan Anyer Kabupaten Serang, Provinsi Banten pada tahun 2022. Penulis melaksanakan kegiatan penelitian di Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam pada bulan Desember 2022 hingga Februari 2023.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil alamin

Dengan rahmat Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala karunia-Nya kupersembahkan karya sederhana ini sebagai tanda cinta dan kasihku kepada :

Ayah dan Mama tercinta yang selalu menyayangi, mengasih, mendoakan serta mensupport dalam setiap langkah perjalanan hidupku.

Adik-adik ku tersayang Asih, Lia dan Husnul yang telah memberikan semangat, doa dan dukungan dalam menyelesaikan pendidikanku

Bapak Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.

Segenap keluarga besar Beasiswa Cendekia Baznas yang telah memfasilitasi dan memberikan dukungan melalui program pendampingan selama menjadi awarde Beasiswa Cendekia Baznas Unila (BCB 3) untuk menyelesaikan pendidikanku

Segenap keluarga besar YBM BriLian yang telah memfasilitasi dan memberikan dukungan melalui program pendampingan selama menjadi awarde My Scholarship untuk menyelesaikan pendidikanku.

Segenap keluarga besar Abah Hamid Scholarship memfasilitasi dan memberikan dukungan melalui program pendampingan selama menjadi awarde untuk menyelesaikan pendidikanku.

Kak Rusman Hadi selaku mentor kelas started by me yang telah memberikan bimbingan dan dukungan kepada penulis untuk bisa mendapatkan banyak kesempatan beasiswa selama kuliah dan teman-teman kelas SBM yang telah kebersamai

Teman dan Sahabat seperjuangan yang selalu mendukung dan menemaniku selama ini

Almamaterku tercinta Universitas Lampung.

MOTTO

“Barangsiapa yang berusaha menjaga diri, maka Allah menjaganya,
barangsiapa yang berusaha merasa cukup, maka Allah mencukupinya.
Barangsiapa yang berusaha bersabar, maka Allah akan menjadikannya bisa
bersabar dan tidak ada seorang pun yang dianugerahi sesuatu yang melebihi
kesabaran”

(HR. Bukhari No. 1469)

“Barangsiapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan
memudahkan bagi-Nya jalan menuju surga”

(HR. Muslim No. 2699)

“Orang gagal mencari alasan untuk berhenti. Orang sukses berhenti
mencari-cari alasan”

(Isa Alamsyah)

“Keberhasilan adalah kemampuan untuk melewati dan mengatasi dari
sesuatu kegagalan ke kegagalan berikutnya tanpa harus kehilangan
semangat.”

(Winston Churchill)

“Hanya karena proses mu lebih lama dari yang lain,
bukan berarti kamu gagal.”

(Harland David' Colonel Sanders)

SANWACANA

Alhamdulillah, Puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang merupakan salah satu syarat akademis menempuh pendidikan di Program Studi Biologi Terapan Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Skripsi dengan judul **“Daya Hambat Ekoenzim dari Kulit Pisang Kepok Manado (*Musa x paradisiaca*) Tua Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Xanthromonas campestris* pv. *Campestris* dan Jamur *Fusarium* sp. Pada Tanaman Buncis (*phaseolus vulgaris* L.)”**

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini masih banyak kendala dan kekurangan. Namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dari berbagai pihak dan berkah dari Allah SWT sehingga kendala-kendala yang dihadapi tersebut dapat diatasi. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan kepada :

1. Allah SWT. Tuhan yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Ibu Prof. Dr. Lusmeilia Afriani, D.E.A, I.P.M. selaku rektor Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
4. Bapak Jani Master, M.Si. selaku ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Ibu Gina Dania Pratami, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Biologi Terapan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung atas ilmu pengetahuan, sekaligus pembimbing II yang dengan

sabar memberikan ilmu, bimbingan, nasihat, dan pengarahan selama perkuliahan maupun penyusunan skripsi.

6. Ibu Dra. Rochmah Agustrina, Ph. D. selaku Pembimbing I yang dengan sabar memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, motivasi, nasihat, saran dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun penyusunan skripsi
7. Ibu Dra. Yulianty, M.Si. selaku Pembahas yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan, nasihat, arahan dan saran dalam perkuliahan dan penyusunan skripsi.
8. Bapak Dr. Hendri Busman, M. Biomed selaku Pembimbing Akademik.
9. Ibu Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si. selaku Kepala Laboratorium Botani, FMIPA, Universitas Lampung.
10. Ibu Dhiny Sunty Putri, M.P. selaku laboran laboratorium Botani yang telah membantu serta memberikan semangat kepada penulis ketika melaksanakan penelitian.
11. Kedua orang tuaku tercinta Bapak Joko Gunawan dan Ibu Ani Handayani yang telah memberikan cinta dan kasih sayangnya yang tak terhingga, serta doa, motivasi, semangat dan dukungan baik moril dan materi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih untuk segalanya.
12. Ketiga adikku tersayang Asih, Lia dan Husnul. Terimakasih atas doa, dukungan dan motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
13. Keluarga Besarku, terimakasih atas doa, dukungan dan motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
14. Sandi fatullah terimakasih atas doa dan dukungan serta motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini
15. Teman kos ku terhebat Amirah ulfah, Siti Futakah dan Hulayfah yang telah berproses bersama dalam menyelesaikan pendidikan terimakasih untuk bantuan, kerjasama dan dukungannya selama ini.

16. Teman seperjuangan,seperbimbingan dan penelitian Nesy Indah
terimakasih atas bantuan, kerjasama dan kesabarannya selama ini.
17. Asyfa, nurul, intan, mutia dan seluruh teman-teman yang telah
membersamai selama perkuliahan
18. Seluruh teman-teman Biologi Terapan Angkatan 2019.
19. Seluruh Pihak yang telah membantu dalam proses perkuliahan, yang tidak
dapat dituliskan satu persatu, saya ucapkan terimakasih.
20. Serta almamater tercinta, Universitas Lampung.

Akhir kata, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini, namun besar harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 12 Juli 2023

Penulis,

Goniatun Nurudzolam

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER DEPAN	i
ABSTRAK	ii
COVER DALAM	iv
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PESENGESAHAN	vi
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
PESEMBAHAN	x
MOTTO	xii
SANWACANA	xiii
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR	xx
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Kerangka Pikir	4
1.4. Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pisang Kepok Manado (<i>Musa x paradisiaca</i>)	6
2.1.1. Klasifikasi Pisang Kepok	7
2.1.2. Kulit Pisang Kepok Manado	7
2.2. Kandungan Senyawa Aktif Kulit Pisang Kepok	8

2.2.1. Flavonoid	8
2.2.2. Alkaloid	9
2.2.3. Tanin	9
2.2.4. Saponin	10
2.3. Ekoenzim	11
2.3.1. Fermentasi Ekoenzim	12
2.3.2. Unsur Hara Makro Kalium dan Fosfor dalam Ekoenzim	13
2.3.3. Unsur Hara Mikro dalam Ekoenzim	14
2.4. Buncis (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	15
2.5. Bakteri (<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>)	17
2.6. Jamur <i>Fusarium</i> sp.	18
2.6.1. Morfologi Jamur <i>Fusarium</i> sp.	20

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu Penelitian	22
3.2. Alat dan Bahan	22
3.3. Rancangan Penelitian	23
3.4. Diagram Alir	26
3.5. Prosedur Kerja	27
3.5.1. Pembuatan Ekoenzim	27
3.5.2. Pembuatan Media Kultur Mikroba	27
3.5.3. Peremajaan Jamur	28
3.5.4. Peremajaan Bakteri	29
3.5.5. Pembuatan Suspensi Bakteri	29
3.5.6. Perhitungan Kepadatan Suspensi Jamur	29
3.5.7. Uji <i>In-vivo</i> Ekoenzim Kulit Pisang Kepok Manado Terhadap Penekanan Patogen <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> dan <i>Fusarium</i> sp. Pada Tanaman Buncis	30
3.5.8. Pengukuran Parameter Yang Diamati	31
3.6. Analisis Data	35

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian	36
4.1.1. Penyakit Pada Tanaman buncis akibat infeksi <i>Xanthomonas</i> atau <i>Fusarium</i> sp. dan diberi ekoenzim	36
4.1.2. Pertumbuhan Tanaman Buncis akibat infeksi <i>Xanthomonas</i> atau <i>Fusarium</i> sp. dan diberi ekoenzim	40
4.1.2.1. Morfologi Tanaman Buncis akibat infeksi <i>Xanthomonas</i> atau <i>Fusarium</i> sp. dan diberi ekoenzim	40
4.1.2.2. Fisiologi Tanaman Buncis akibat infeksi <i>Xanthomonas</i> atau <i>Fusarium</i> sp. dan diberi ekoenzim	43
4.2. Pembahasan	47
4.2.1. Penekanan Pertumbuhan <i>Xanthomonas</i> dan <i>Fusarium</i> sp. pada tanaman buncis dan diberi ekoenzim	47
4.2.2. Morfologi Tanaman Buncis yang diinfeksi <i>Xanthomonas</i> atau <i>Fusarium</i> sp. dan diberi ekoenzim	50
4.2.3. Fisiologi Tanaman Buncis yang diinfeksi <i>Xanthomonas</i> atau <i>Fusarium</i> sp. dan diberi ekoenzim	52

V. KESIMPULAN	
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Unit Percobaan Uji Daya Hambat Ekoenzim Terhadap Pertumbuhan Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> dan Jamur <i>Fusarium</i> sp.	24
Tabel 2. Tata Letak Penelitian	25
Tabel 3. Skala Keparahan Penyakit	32
Tabel 4. Rata-rata persentase keterjadian penyakit pada tanaman buncis diinfeksi mikroba patogen	38
Tabel 5. Hasil uji Anova keterjadian penyakit hari ke-5	67
Tabel 6. Hasil uji <i>Tukey</i> keterjadian penyakit hari ke-5	67
Tabel 7. Hasil uji Anova keterjadian penyakit hari ke-6	68
Tabel 8. Hasil uji <i>Tukey</i> keterjadian penyakit hari ke-6	68
Tabel 9. Hasil uji Anova keterjadian penyakit hari ke-7	69
Tabel 10. Hasil uji <i>Tukey</i> keterjadian penyakit hari ke-7	69
Tabel 11. Hasil uji Anova keterjadian penyakit hari ke-8	70
Tabel 12. Hasil uji <i>Tukey</i> keterjadian penyakit hari ke-8	70
Tabel 13. Hasil uji Anova keterjadian penyakit hari ke-9	71
Tabel 14. Hasil uji <i>Tukey</i> keterjadian penyakit hari ke-9.....	71
Tabel 15. Hasil Anova keterjadian penyakit hari ke-10	72
Tabel 16. Hasil uji <i>Tukey</i> keterjadian penyakit hari ke-10	72
Tabel 17. Hasil Anova keparahan penyakit hari ke-7	73

Tabel 18. Hasil uji <i>Tukey</i> keparahan penyakit hari ke-7	73
Tabel 19. Hasil uji Anova keparahan penyakit hari ke-14	74
Tabel 20. Hasil uji <i>Tukey</i> keparahan penyakit hari ke-14	74
Tabel 21. Hasil uji Anova keparaha penyakit hari ke-21	75
Tabel 22. Hasil uji <i>Tukey</i> keparahan penyakit hari ke-21	75
Tabel 23. Hasil uji Anova keparahan penyakit hari ke-28	76
Tabel 24. Hasil uji <i>Tukey</i> keparahan penyakit hari ke-28.....	76
Tabel 25. Hasil uji Anova tinggi tanaman buncis	77
Tabel 26. Hasil uji <i>Tukey</i> tinggi tanaman buncis	77
Tabel 27. Hasil uji Anova luas daun tanaman buncis	78
Tabel 28. Hasil uji <i>Tukey</i> luas daun tanaman buncis	78
Tabel 29. Hasil uji Anova kecepatan pertumbuhan tanaman buncis	79
Tabel 30. Hasil uji <i>Tukey</i> kecepatan pertumbuhan tanaman buncis	79
Tabel 31. Hasil uji Anova berat segar tanaman buncis	80
Tabel 32. Hasil uji <i>Tukey</i> berat segar tanaman buncis	80
Tabel 33. Hasil uji Anova berat kering tanaman buncis	81
Tabel 34. Hasil uji <i>Tukey</i> berat kering tanaman buncis	81
Tabel 35. Hasil uji Anova kandungan klorofil a tanaman buncis	82
Tabel 36. Hasil uji <i>Tukey</i> kandungan klorofil a tanaman buncis	82
Tabel 37. Hasil uji Anova kandungan klorofil b tanaman buncis	83
Tabel 38. Hasil uji <i>Tukey</i> kandungan klorofil b tanaman buncis	83
Tabel 39. Hasil uji Anova kandungan klorofil total tanaman buncis	84
Tabel 40. Hasil uji <i>Tukey</i> kandungan klorofil total tanaman buncis	84
Tabel 41. Pertumbuhan tanaman buncis	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Pisang Kepok Manado (<i>Musa x paradisiaca</i>)	7
Gambar 2. Tanaman Buncis Tipe Tegak dan Tanaman Buncis Tipe Merambat	16
Gambar 3. Morfologi <i>Fusarium</i> sp.	20
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 5. Daun tanaman buncis yang menunjukkan gejala penyakit	37
Gambar 6. Rata-rata keparahan penyakit tanaman buncis yang diinfeksi mikroba patogen dan diberi ekoenzim	39
Gambar 7. Rata-rata tinggi tanaman buncis yang diinfeksi mikroba patogen dan diberi ekoenzim	41
Gambar 8. Rata-rata luas daun tanaman buncis yang diinfeksi mikroba patogen dan diberi ekoenzim	42
Gambar 9. Rata-rata kecepatan pertumbuhan tanaman buncis diinfeksi mikroba patogen dan diberi ekoenzim	43
Gambar 10. Rata-rata berat segar dan berat kering tanaman buncis yang diinfeksi mikroba patogen dan diberi ekoenzim.	44
Gambar 11. Rata-rata kandungan klorofil tanaman buncis yang diinfeksi mikroba patogen dan diberi ekoenzim	46
Gambar 12. Media PDA	86
Gambar 13. Media NA	86
Gambar 14. Isolat <i>Fusarium</i> sp.	86
Gambar 15. Isolat <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	86

Gambar 16. Larutan ekoenzim 25%	86
Gambar 17. Larutan ekoenzim 50%	86
Gambar 18. Suspensi <i>Fusarium</i> sp.	87
Gambar 19. Suspensi <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	87
Gambar 20. Kecambah buncis berusia 3 hari	87
Gambar 21. Infeksi kecambah buncis pada suspensi patogen	87
Gambar 22. Persiapan media tanam	87
Gambar 23. Proses penanaman kecambah buncis pada media tanam	87
Gambar 24. Analisis kandungan klorofil	88
Gambar 25. Berat segar tanaman buncis	88
Gambar 26. Pengukuran tinggi tanaman buncis	88
Gambar 27. Pengukuran luas daun tanaman buncis	88
Gambar 28. Gejala penyakit akibat infeksi <i>Fusarium</i> sp.	88
Gambar 29. Gejala penyakit akibat infeksi <i>Xanthomonas campestris</i>	88
Gambar 30. Keparahan penyakit akibat infeksi <i>Fusarium</i> sp.	88
Gambar 31. Keparahan penyakit akibat infeksi <i>Xanthomonas campestris</i>	88

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Buncis merupakan sayuran kacang-kacangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Buncis memiliki kandungan gizi tinggi sebagai sumber protein, buncis dapat dikonsumsi oleh penderita penyakit hipertensi dan juga diabetes karena kandungan protein dan vitamin pada buncis membantu mengontrol tekanan darah dan mengatur metabolisme gula dalam darah juga termasuk sebagai jenis tanaman yang banyak diminati (Ratnawinda, 2020). Namun budidaya buncis saat ini masih mengalami kendala akibat infeksi patogen yang disebabkan oleh Bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dan Jamur *Fusarium* sp.

Keberadaan bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* menjadi penyebab penyakit hawar daun bakteri pada tanaman buncis. Berdasarkan penelitian Merisca (2022) gejala yang ditimbulkan akibat infeksi *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* terhadap tanaman buncis ditandai dengan adanya area berwarna kuning pada tepi permukaan daun dan terbentuknya lesi pada permukaan daun. Agung (2021) juga mengatakan gejala lain yang timbul akibat infeksi *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* berupa bercak kuning pada tepi daun yang meluas hingga bagian tulang daun akhirnya daun nampak layu, kering dan berwarna coklat kekuningan hingga menyebabkan kematian tanaman. Sedangkan jamur *Fusarium* sp. sebagai penyebab penyakit layu *Fusarium* menyebabkan layu, daun menguning dan mengering.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan penyakit yang menyerang tanaman buncis adalah dengan pemberian ekoenzim dari bahan kulit pisang kepok manado tua. Indonesia termasuk negara penghasil pisang terbesar di Asia Tenggara. Karena kondisi iklim dan letak geografis Indonesia yang sesuai untuk budidaya pisang (Simatupang, 2022). Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2018 mencatat jumlah produksi pisang di Lampung sebesar 1.438.559 juta ton (Lestari dkk., 2022). Diketahui terdapat 12 kultivar pisang di kota Bandar Lampung diantaranya adalah pisang kepok (*Musa x paradisiaca*) dengan diversitas kultivar yang tinggi yaitu sebanyak 15 varietas pisang kepok (Ernawati dkk., 2021).

Kulit pisang sebagai limbah dari produk budi daya pisang pun masih memiliki nilai kemanfaatan yang tinggi bila dikelola dengan baik. Kulit pisang kepok manado dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat ekoenzim (Simatupang, 2022). Ekoenzim merupakan cairan hasil fermentasi dari limbah organik sisa sayuran, kulit buah yang dikombinasikan dengan sumber gula. Perbandingan antara limbah organik : sumber gula : air = 3 : 1 : 10. Ekoenzim memiliki aroma khas yaitu aroma fermentasi asam manis yang kuat dengan warnanya coklat gelap (Nafis, 2022). Menurut Supriyani dkk. (2020) selama proses fermentasi ekoenzim, glukosa diubah menjadi asam piruvat kemudian mengalami penguraian menjadi asetaldehid. Selanjutnya asetaldehid diubah menjadi etanol dan karbondioksida oleh alkohol dehydrogenase dalam kondisi anaerob. Gula yang digunakan dalam proses fermentasi akan menghasilkan alkohol karena gula sebagai substrat yang digunakan dalam memproduksi alkohol.

Menurut Akbari dkk. (2020) ekoenzim dari kulit pisang kepok manado dapat diaplikasikan sebagai pupuk organik cair pada tanaman buncis karena kulit pisang mengandung unsur hara magnesium, sodium, fosfor dan sulfur. Unsur unsur hara ini akan terlarut dalam cairan ekoenzimnya. Berdasarkan uji fitokimia yang dilakukan oleh Ariani dan Niah (2019) menyatakan, bahwa kulit pisang kepok mengandung senyawa metabolit sekunder diantaranya senyawa flavonoid, alkaloid, tanin dan saponin. Kandungan

senyawa metabolit sekunder ini berpotensi sebagai antimikroba pada tanaman. Wati dkk. (2017) menjelaskan bahwa ekoenzim dari kulit pisang kepok manado tua dapat dimanfaatkan sebagai pengendalian penyakit berbasis ramah lingkungan untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Pembuatan ekoenzim menggunakan bahan – bahan dari limbah organik tanpa bahan kimia sehingga dapat terurai secara alami.

Hasil penelitian Akyuni dkk. (2021) membuktikan bahwa ekoenzim dari bahan organik kulit buah mengandung senyawa saponin sedangkan ekoenzim dari lidah buaya mengandung polifenol. Kedua senyawa tersebut dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme karena dapat merusak stabilitas membran sel bakteri dan menyebabkan sel bakteri lisis. Hasil yang sama ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan oleh Noveriza dan Melati (2022) membuktikan bahwa ekoenzim dari bahan organik kulit buah yang dikombinasikan dengan limbah cucian beras dapat dimanfaatkan sebagai biopestisida karena mengandung senyawa bioaktif yang dapat merangsang laju pertumbuhan tanaman dan menghambat pertumbuhan jamur patogen pada konsentrasi 50%. Pada penelitian ini akan dikaji potensi ekoenzim dari bahan limbah kulit pisang kepok manado tua sebagai anti jamur dan bakteri yang menginfeksi tanaman buncis secara *in-vivo*.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh pemberian ekoenzim dari kulit pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca*) tua terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman buncis yang diinfeksi bakteri *Xanthromonas campestris* pv. *campestris* atau jamur *Fusarium* sp. terhadap:

1. keterjadian penyakit dan keparahan penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Xanthromonas campestris* pv. *campestris* dan jamur *Fusarium* sp.
2. pertumbuhan tanaman buncis berdasarkan parameter morfologi dan Fisiologinya.

1.3. Kerangka Pikir

Buncis merupakan sayuran kacang-kacangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Namun budidaya buncis saat ini masih mengalami kendala akibat infeksi patogen yang disebabkan oleh Bakteri *Xantomonas campestris* pv. *campestris* dan Jamur *Fusarium* sp. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan penyakit yang menyerang tanaman buncis adalah dengan pemberian ekoenzim dari bahan kulit pisang kepok manado tua. Penggunaan kulit pisang dalam pembuatan ekoenzim karena pisang menjadi salah satu buah melimpah di Lampung. Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2018 mencatat jumlah produksi pisang di Lampung sebesar 1.438.559 juta ton. Terdapat 12 kultivar pisang di kota Bandar Lampung diantaranya adalah pisang kepok (*Musa x paradisiaca*) dengan diversitas kultivar yang tinggi yaitu sebanyak 15 varietas pisang kepok. Kulit pisang kepok manado dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat ekoenzim, karena kulit pisang sebagai bahan organik yang mengandung unsur hara diantaranya seperti magnesium, sodium, fosfor dan sulfur dimana unsur tersebut berperan penting dalam merangsang pertumbuhan suatu tanaman dan pengendalian penyakit berbasis ramah lingkungan karena dalam pembuatan ekoenzim menggunakan bahan organik sehingga dapat terurai secara alami.

Pembuatan cairan ekoenzim dibuat dengan proses fermentasi, dari limbah organik yang dikombinasikan dengan sumber gula dan air. Ekoenzim memiliki aroma khas yaitu aroma fermentasi asam manis yang kuat dengan warnanya coklat gelap (Nafis, 2022). Ekoenzim dibuat dengan perbandingan antara tiap bahan yang digunakan adalah: kulit buah : bahan organik : molase air= 3 : 1: 10.

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Akyuni dkk. (2021) membuktikan bahwa ekoenzim dari bahan organik kulit buah yang dikombinasikan dengan lidah buaya mampu menurunkan 56% jumlah bakteri. Hasil penelitian lainnya dilakukan oleh Noveriza dan Melati (2022)

juga membuktikan bahwa ekoenzim berbahan dasar kulit buah yang dikombinasikan dengan limbah cucian air beras mampu menekan pertumbuhan jamur patogen secara signifikan terhadap daya hambat jamur. Pada penelitian ini dilakukan dengan mengaplikasikan ekoenzim dari kulit pisang kepok manado tua terhadap tanaman buncis yang telah diinfeksi *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* atau *Fusarium* sp. diharapkan mampu memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dan menekan pertumbuhan bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dan jamur *Fusarium* sp. pada tanaman buncis.

1.4. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemberian ekoenzim pada tanaman buncis yang telah diinfeksi bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dan jamur *Fusarium* sp. memberikan pengaruh terhadap tingkat gejala kejadian penyakit dan keparahan penyakit.
2. pemberian ekoenzim pada tanaman buncis yang telah diinfeksi bakteri *Xanthromonas campestris* pv. *campestris* dan jamur *Fusarium* sp. mempengaruhi pertumbuhan tanaman berdasarkan parameter morfologi dan fisiologi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pisang Kepok Manado (*Musa x paradisiaca*)

Pisang merupakan tanaman yang berasal dari kawasan Asia Tenggara termasuk Indonesia. Persebaran tanaman pisang meluas hingga ke kawasan Afrika (Madagaskar), Amerika Selatan dan Amerika Tengah, persebarannya semakin meluas hingga seluruh dunia yakni meliputi daerah tropis dan subtropis. Jenis pisang yang ada saat ini di duga hasil persilangan alam dari pisang liar dan telah mengalami domestikasi (Woda, 2019).

Indonesia sebagai salah satu negara dengan persebaran pisang dan keragaman pisang mencakup spesies pisang liar dan pisang budidaya mencapai 325 kultivar. Tersebar luas di Sumatra, Bali, Nusa Tenggara, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Maluku hingga papua. Hampir seluruh wilayah Indonesia merupakan daerah penghasil pisang, hal ini karena kondisi iklim di Indonesia yang sesuai untuk budidaya pisang (Dwivanny dkk., 2021)

Pisang kepok memiliki beberapa kultivar yang ditemukan di Bandar Lampung diantaranya adalah pisang kepok Abu, Batu, Kuning, Libanon dan Manado. Pisang kepok manado (Gambar 1) adalah salah satu jenis pisang kepok yang memiliki visualisasi fisik yang berbeda dari jenis pisang kepok lain pada umumnya. Kepok Manado tampak lebih pipih dan ukuran buah serta pohonnya yang lebih besar, memiliki kulit buah yang bersih dan berwarna hijau cerah hingga kekuningan. Pisang kepok manado termasuk jenis tanaman terna monokotil tahunan yang tersusun atas batang semu. Batang semu merupakam tumpukan pelepah daun yang tersusun secara rapat dan teratur (Astiti, 2020).



Gambar 1. Pisang Kepok Manado (*Musa x paradisiaca*) tua
(Dokumentasi pribadi. 2022)

2.1.1. Klasifikasi Pisang Kepok

Menurut Cronquist (1981) kedudukan Pisang Kepok dalam taksonomi tumbuhan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliopyta
Kelas	: Liliopsida
Bangsa	: Zingiberales
Suku	: Musaceae
Marga	: <i>Musa</i>
Jenis	: <i>Musa x paradisiaca</i>

2.1.2. Kulit Pisang Kepok Manado

Kulit pisang merupakan bagian dari pisang yang dianggap tidak bermanfaat dan biasanya kulit pisang dibuang setelah buahnya dimakan. Limbah kulit pisang yang jumlahnya cukup banyak namun secara umum belum dimanfaatkan secara nyata, hanya dibuang sebagai limbah organik atau menjadi pakan ternak hewan. Limbah kulit pisang masih belum mendapatkan penanganan yang tepat padahal limbah kulit pisang memiliki kandungan gizi cukup tinggi (Yuniarti, 2021). Salah satu upaya pengolahan limbah kulit pisang adalah pengolahan kulit pisang menjadi pupuk organik

cair yang dapat digunakan pada tanaman Holtikultura, seperti tanaman sayur-sayuran untuk menunjang kebutuhan manusia.

Belakangan ini kulit pisang belum banyak dimanfaatkan sebagai produk bernilai yang memiliki keuntungan, kulit pisang sebagai limbah yang berakhir ditempat sampah yang akhirnya dapat menyebabkan pencemaran bagi lingkungan. Kulit pisang memiliki kandungan unsur P, K, Ca, Mg, Zn berfungsi untuk mendorong pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman. Menurut Saragih (2016), senyawa yang terkandung didalam kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik. Kulit pisang kepok manado mengandung sebanyak 15% kalium dan 12% fosfor, tingginya kandungan kalium dan fosfor dalam kulit pisang dapat digunakan sebagai pengganti pupuk. Sebagai mana dikatakan oleh Rustianti (2018), kulit pisang kepok mengandung karbohidrat sebanyak 59%, lemak kasar sebanyak 1%, protein kasar 0,9%, mengandung mineral seperti potasium sebanyak 78,1%, besi 24,3%, kalsium 19,2% dan mangan 24,3%.

2.2. Kandungan Senyawa Aktif Kulit Pisang Kepok

Metabolit sekunder merupakan senyawa organik yang disintesis oleh tumbuhan dan merupakan sumber senyawa obat, digolongkan atas alkaloid, terpenoid, fenoli, flavonoid dan saponin. Menurut Mainawati dkk (2020) kandungan senyawa metabolit sekunder ini berpotensi sebagai antimikroba. Berdasarkan uji fitokimia yang dilakukan oleh Ariani dan Niah (2019) menyatakan, bahwa kulit pisang kepok mengandung senyawa metabolit sekunder diantaranya senyawa flavonoid, alkaloid, tanin dan saponin.

2.2.1. Flavonoid

Menurut Komala dkk. (2019) kandungan senyawa flavonoid memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan jamur. Mekanisme kerja flavonoid dalam menghambat pertumbuhan jamur adalah dengan merusak permeabilitas membran sel jamur. Gugus hidroksil yang terdapat pada

senyawa flavonoid menyebabkan perubahan komponen organik dan transport nutrisi yang akhirnya akan mengakibatkan timbulnya efek toksik terhadap jamur. Flavonoid sebagai antijamur bekerja dengan melakukan penghambatan transpor elektron mitokondria yang mengakibatkan pengurangan potensial membran mitokondria. Penghambatan (inhibisi) dapat terjadi melalui penghambatan proton dalam rantai pernafasan yang menyebabkan penurunan produksi ATP dan kematian sel jamur berikutnya.

Flavonoid sebagai antibakteri bekerja dengan membentuk kompleks dan menyebabkan denaturasi ikatan protein membran sel dengan menembus ke dalam inti sel sehingga menyebabkan sel menjadi lisis (Ariani dan Niah., 2019).

2.2.2. Alkaloid

Egra dkk. (2019) mengatakan, alkaloid merupakan senyawa metabolit sekunder yang memiliki banyak atom nitrogen yang ditemukan dalam jaringan tumbuhan dan hewan. Sebagian besar senyawa alkaloid bersumber dari tumbuh-tumbuhan, terutama angiosperm. Lebih dari 20% spesies angiosperm mengandung alkaloid. Alkaloid dapat ditemukan pada berbagai bagian tanaman seperti bunga, biji, daun, ranting, akar dan kulit buah.

Senyawa Alkaloid memiliki kemampuan sebagai antibakteri dengan mekanisme penghambatan dengan cara mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada sel bakteri sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian sel tersebut. Selain itu, alkaloid juga menghambat pembentukan sintesis protein sehingga dapat mengganggu metabolisme bakteri, senyawa alkaloid mampu menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif maupun bakteri gram positif (Anggraini dkk., 2019).

2.2.3. Tanin

Senyawa tanin memiliki kemampuan sebagai antijamur dengan mekanisme kerja sebagai antijamur yang dimiliki tanin yaitu dapat menghambat sintesis

kitin yang digunakan untuk pembentukan dinding sel pada jamur dan merusak membran sel sehingga pertumbuhan jamur menjadi terhambat (Komala dkk., 2019).

Menurut Rahma dkk. (2017) mekanisme kerja tanin sebagai antibakteri adalah dengan melakukan kerusakan terhadap membran sel bakteri yang disebabkan oleh toksisitas tanin dan pembentukan ikatan kompleks ion logam dari tanin yang berperan dalam toksisitas tanin. Bakteri yang tumbuh dalam kondisi aerob memerlukan zat besi untuk menjalankan berbagai fungsi metabolisme, termasuk reduksi dari prekursor ribonukleotida DNA. Adanya ikatan antara tanin dan besi akan menyebabkan terganggunya berbagai fungsi bakteri. Menurut Herwati (2007) bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* merupakan bakteri yang bersifat aerob, gram negatif, sehingga dalam kondisi aerob bakteri akan terganggu dengan adanya senyawa tanin.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Amalia dkk. (2017) senyawa metabolit sekunder salah satunya adalah tanin, mampu menghambat bakteri berdasarkan diameter zona hambat berturut-turut adalah 10,83; 12,41; dan 13,59 mm terhadap MRSA pada konsentrasi 10%;20% dan 30%.

2.2.4. Saponin

Saponin merupakan senyawa yang bersifat ampilifik dan dapat menurunkan tegangan permukaan akibat kemampuan saponin dalam merusak ikatan hidrogen pada air. Saponin merupakan glikosida yang tersusun atas glikon dan aglikon. Bagian glikon terdiri atas gugus gula seperti glukosa, fruktosa dan jenis gula lainnya. Bagian aglikon merupakan sapogenin. Sifat ampifilik ini dapat membuat bahan alam yang mengandung saponin bisa berfungsi sebagai surfaktan (Nurzaman dkk., 2018).

Menurut Yanuartono dkk. (2017) saponin merupakan senyawa bentuk glikosida yang terdapat pada tanaman tingkat tinggi. Senyawa saponin

sebagai salah satu metabolit sekunder mampu menjadi antibakteri dengan mekanisme kerja saponin yaitu dengan menyebabkan kebocoran protein dan enzim dari sel dalam sel. Saponin dapat menurunkan tegangan permukaan dinding sel bakteri dan merusak permeabilitas membran sehingga mengganggu kelangsungan hidup bakteri, saponin berdifusi melalui membran luar dan dinding sel yang rentan selanjutnya mengikat membran sitoplasma dan mengurangi kestabilan membran sel. Hal ini menyebabkan sitoplasma bocor dari sel yang menyebabkan kematian sel (Rijayanti dkk, 2014).

2.3. Ekoenzim

Ekoenzim adalah senyawa organik yang didapatkan melalui proses fermentasi dari limbah bahan organik seperti sayur – sayuran dan kulit buah-buahan dengan penambahan air dan gula sebagai karbohidrat. Ekoenzim memiliki sifat ramah lingkungan, konsep ekoenzim dikenalkan pertama kali oleh Dr. Rosukon poompanvong pada tahun 1980-an sebagai pendiri asosiasi pertanian organik Thailand. Pokok gagasannya membahas tentang pengolahan limbah organik dari sampah domestik rumah tangga yang biasanya hanya dibuang ke tempat sampah agar dapat diolah menjadi biopestisida, produk ekoenzim berwarna coklat gelap dengan aroma fermentasi asam manis yang kuat, ekoenzim memiliki kandungan berupa nitrat dan karbondioksida yang baik bagi tanah sebagai sumber nutrisi. Proses pembuatan ekoenzim membutuhkan waktu fermentasi 3 bulan untuk mencapai efektifitas yang baik. Fermentasi dapat dikatakan berhasil jika terbentuknya larutan berwarna kecoklatan yang memiliki bau menyengat seperti pH asam. Penggunaan ekoenzim dalam bidang pertanian dapat meningkatkan produksi tanaman dan menghambat keberadaan bakteri dan jamur patogen yang menginfeksi tanaman (Najla dkk., 2022).

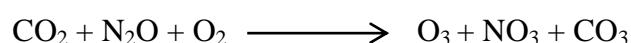
Ekoenzim dapat digunakan sebagai alternatif pengendalian hama tanaman berbasis ramah lingkungan, sebagai hasil fermentasi dari sisa-sisa organik hasil rumah tangga seperti buah dan sayur. Ekoenzim dapat digunakan

sebagai cairan multifungsi yang dapat diaplikasikan pada bidang pertanian sebagai pestisida alami. Cairan ekoenzim dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan enzim yang berguna karena mampu mempercepat reaksi biokimia (Widodo, 2021).

Kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat ekoenzim. Menurut Susilowati dkk. (2021) untuk mengatasi permasalahan limbah organik yang dapat mencemari lingkungan upaya yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pengolahan terhadap limbah organik menjadi produk bernilai ekonomis, sampah organik diperoleh dari sisa-sisa sayur – sayuran atau kulit buah, yang diolah melalui proses fermentasi selama tiga bulan sebelum menjadi ekoenzim. Cairan ekoenzim mengandung enzim seperti, lipase, tripsin, amilase, asam asetat (H_3COOH) serta unsur hara dan mineral seperti K, N, dan P. Ekoenzim selain mengandung unsur hara juga mengandung mikroorganisme yang berperan sebagai agen pengendali patogen, hama tanaman, menginduksi pertumbuhan dan sebagai pengurai bahan organik.

2.3.1. Fermentasi Ekoenzim

Proses fermentasi merupakan suatu proses terjadinya penguraian senyawa-senyawa organik untuk menghasilkan energi yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme seperti jamur dan bakteri. Dalam proses fermentasi, mikroba membutuhkan energi yang diperoleh dari glukosa. Pada proses pembuatan ekoenzim penggunaan gula aren sebagai sumber energi bagi mikroba agar dapat melakukan proses fermentasi. Saat proses fermentasi berlangsung, reaksi yang terjadi adalah :



Proses fermentasi dilakukan selama 3 bulan, dengan produk ekoenzim yang memiliki karakteristik aroma segar dengan pH berkisar antara 2,4 – 2,8, kadar pH tersebut dipengaruhi oleh kandungan asam organik tinggi yang

terdapat dalam cairan ekoenzim yaitu asam asetat dan asam laktat (Viza., 2022).

2.3.2. Unsur Hara Makro Kalium dan Fosfor dalam Ekoenzim

Unsur Hara Makro adalah unsur-unsur hara yang dibutuhkan tumbuhan dalam jumlah relatif besar. Ketersediaan unsur hara dalam tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman. Unsur hara diperlukan secara terus menerus dan berimbang terutama untuk tanaman pangan.

Menurut Triadiawarman dkk. (2022) hara makro memiliki kandungan zat arang, hydrogen dan juga oksigen yang menjadi bahan baku untuk pembentukan jaringan pada tubuh tanaman. Dengan ketiga kandungan ini maka pada saat pembentukan karbohidrat, respirasi, proses fotosintesis, kerja kimia, kerja mekanis dan juga kerja osmotik pada tumbuhan dapat berjalan optimal.

Unsur hara makro pada tanaman diantaranya Kalium (K) dan Fosfor (P). (Diara, 2016). Unsur hara makro Nitrogen (N) adalah unsur hara penting bagi pertumbuhan tanaman terutama pembentukan bagian vegetatif tanaman, seperti daun, batang, dan akar. Sedangkan menurut Asngad (2013) unsur hara makro Fosfor (P) berperan dalam pengangkutan energi hasil metabolisme dalam tanaman, merangsang pembungaan dan pematangan, pertumbuhan akar, pembentukan biji, pembelahan sel tanaman dan memperbesar jaringan sel. Kemudian kandungan kalium (K) dalam proses fotosintesis berfungsi sebagai pengangkutan hasil asimilasi, enzim dan mineral, termasuk air untuk meningkatkan daya tahan atau kekebalan tanaman terhadap penyakit (Triadiawarman dkk., 2022)

Kalium

Kalium termasuk dalam unsur hara makro, keberadaannya diperlukan bagi pertumbuhan suatu tanaman untuk menjalankan berbagai fungsi fisiologis termasuk di dalamnya adalah melakukan metabolisme karbohidrat, sintesis

protein dan aktivitas enzim. Kalium berfungsi dalam meningkatkan ketahanan tubuh dalam melawan patogen tertentu dan meningkatkan kualitas hasil tanaman. Pupuk kalium yang digunakan di Indonesia mayoritas adalah Kalium klorida (KCl). Selain KCl pupuk lainnya yang dapat digunakan adalah kalium sulfat. Penggunaan KCl lebih ekonomis dibandingkan dengan Kalium sulfat. Namun ketersediaan kalium sulfat di Indonesia ini masih belum banyak padahal pupuk kalium terbukti dapat meregenerasi beberapa karakteristik kualitas di beberapa produk sayuran (Gunadi, 2009).

Fosfor

Peran fosfor bagi pertumbuhan suatu tanaman memiliki peran penting untuk merangsang pemanjangan akar, terutama pada tanaman muda dan akar biji. Pembentukan akar kemudian akan meningkatkan serapan hara dan air yang akan mengoptimalkan proses fotosintesis suatu tanaman. Jumlah unsur hara yang seimbang menjadi penentu keberhasilan kualitas hasil tanaman. Untuk mencapai berat polong segar per m² hingga titik optimum ditentukan oleh keberadaan unsur P sebagai aktivator dalam proses reaksi enzimatik untuk menunjang pembelahan, pemanjangan serta perkembangan sel. Fungsi esensial unsur fosfat adalah berkaitan sebagai penyimpanan cadangan dan transfer energi dalam proses metabolisme karbohidrat, pembentukan intisel, pembelahan sel dan proses fotosintesis dalam suatu tanaman (Nuryani dkk., 2019).

2.3.3. Unsur Hara Mikro dalam Ekoenzim

Unsur hara mikro merupakan unsur yang diperlukan dalam jumlah kecil atau sedikit. Meskipun jumlahnya kecil namun kekurangan unsur ini dapat menghambat pertumbuhan tanaman bahkan akan berpengaruh mengurangi potensi hasil pertanian (Adelia dkk., 2013).

Unsur hara mikro tanaman merupakan unsur logam yang terdiri dari Cu, Fe, Mn, Ni, dan Zn dalam bentuk ion. Keberadaan ion logam dalam tanah sebagai unsur hara mikro seperti ion Fe^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , dan Mn^{2+} pada konsentrasi tertentu sangat diperlukan untuk kesuburan tanaman. Tanaman membutuhkan unsur-unsur mikro kurang dari 0,01% atau 100 ppm. Unsur-unsur tersebut diperlukan oleh tanaman hanya pada konsentrasi sangat rendah dan menjadi bersifat toksik pada konsentrasi yang lebih tinggi (Suhariyono dan Yulizon, 2005). Kelebihan kadar unsur mikro dalam tanah akan menjadi pemicu terjadinya keracunan pada tanaman. Sedangkan pada kondisi kritis akan mengakibatkan pertumbuhan tanaman terhambat.

2.4. Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.)

Buncis termasuk dalam jenis tanaman kacang-kacangan yang banyak diminati oleh mayoritas masyarakat karena memiliki kandungan gizi dan bernilai ekonomis serta dapat mempertahankan kesuburan tanah. salah satu kelompok sayur kacang-kacangan yang memiliki minat tinggi di masyarakat karena memiliki banyak manfaat bagi kesehatan diantaranya adalah dapat mengontrol tekanan darah dan menjaga keberlangsungan metabolisme gula dalam darah. Dalam 100 gram kacang buncis terkandung 2,4 gram protein, 0,2 gram lemak; 7,7 gram karbohidrat; vitamin A sebanyak 0,8 mg; vitamin B 19 mg dan vitamin C (Nuryani dkk., 2019).

Buncis dengan nama Ilmiah *Phaseolus vulgaris* L. termasuk jenis tanaman Holtikultura dari marga *Phaseolus*. Klasifikasi buncis menurut Cronquist (1981), adalah:

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Bangsa	: Fabales
Suku	: Fabaceae
Marga	: <i>Phaseolus</i>
Jenis	: <i>Phaseolus vulgaris</i> L.

Menurut Ernawati dkk. (2018) tanaman buncis termasuk dalam jenis tanaman perdu yang memiliki cabang-cabang dan tidak memiliki batang yang tegak. Namun menurut Noviana (2017) tanaman buncis ada yang tipe tegak dan tipe merambat. Berdasarkan dua jenis tipe tanaman buncis tersebut memiliki perbedaan karakteristik secara morfologinya. Pada tanaman buncis tipe merambat membutuhkan lanjaran atau sebagai tempat untuk merambat, ketika masih muda, habitat tanaman tampak rimbun karena terdapat percabangan pada ruas batang bawah, namun setelah tua tanaman tampak langsing karena percabangan berselang agak jauh pada ruas batang bawah dan tinggi tanaman mencapai lebih dari 2,5 m. Sedangkan pada tanaman buncis tipe tegak tidak memerlukan lanjaran atau sandaran karena tidak merambat, habitat tanaman rimbun dengan percabangan yang berselang dekat dan tinggi tanaman pada tipe tegak dapat mencapai 30-50 cm. Morfologi tanaman buncis tipe tegak dan lurus sebagaimana disajikan pada (Gambar 2).



Gambar 2. A= Buncis tipe tegak. B= Buncis tipe merambat (Aburamai, 2018).

Permasalahan yang menjadi kendala para petani buncis adalah kehadiran hama dan penyakit yang menyerang tanaman buncis, menyebabkan warna kurang menarik dan ukuran buncis yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi harga jual di pasaran pun rendah. Permasalahan lain yang menjadi kendala adalah masalah teknis dalam budidaya buncis mencakup agroekosistem yang kompleks, karena pengaruh penanaman satu jenis tanaman secara terus menerus menjadikan komponen biotik dalam ekosistem alami yang saling berkaitan keragamannya sangat rendah, maka dari itu

organisme pengganggu yang menyerang tanaman buncis berpotensi menjadi ledakan populasi seiring dengan berkembangnya yang dapat mengakibatkan kerugian, untuk itu penggunaan ekoezim sebagai alternatif berbasis ramah lingkungan untuk menghambat hama penyakit pada tanaman sehingga menghindari penggunaan pestisida secara berlebihan (Ratnawinda, 2020).

Menurut badan pusat statistik produksi tanaman buncis pada tahun 2021 adalah 4.454,00 ton mengalami penurunan angka produksi jika dibandingkan dengan produksi buncis tahun 2020 mencapai 5.267,000 ton. Kondisi ini dipengaruhi oleh keberadaan hama patogen yang mengganggu produktifitas buncis seperti *Fusarium* sp. yang menginfeksi tanaman buncis, menyebar melalui aliran air dalam tanah kemudian menginfeksi melalui jaringan luka yang ada pada bagian akar sehingga menjadi penyebab terjadinya penyakit layu *Fusarium* (Heriyanto, 2019).

2.5. Bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

Bakteri *xanthromonas campestris* pv. *campestris* termasuk dalam golongan bakteri gram negatif menjadi penyebab penyakit busuk hitam pada tanaman. Bakteri *xanthromonas capetris* pv. *campestris* terdiri atas lapisan peptidoglikan sebanyak 5-10%, membran luar yang dimiliki oleh bakteri gram negatif terdiri atas tiga lapis yaitu lipoprotein, lipopolisakarida (LPS) dan fosfolipid (Pratama dkk., 2015).

Salah satu penyakit yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* adalah penyakit busuk hitam, gejala yang ditimbulkan diawali dengan tepi daun menguning atau pucat yang kemudian meluas hingga bagian tengah daun. Pada bagian ini tulang-tulang daun berwarna coklat tua atau hitam, pada tingkat infeksi lanjut infeksi dapat meluas hingga bagian tulang daun dan masuk ke dalam batang. Bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* sebagai penyebab busuk hitam mampu bertahan dari musim ke musim dan bertahan pada bagian biji,

berada dalam tanah pada tumbuhan inang atau pada bagian tanaman yang sakit (Sutarman, 2017).

Menurut Aditya (2015) mekanisme bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dalam menginfeksi tanaman yaitu melalui pori-pori, stomata atau celah yang ada pada luka akibat pertumbuhan bagian tanaman seperti munculnya akar. Selanjutnya setelah bakteri berhasil masuk ke dalam tanaman, bakteri merusak klorofil daun sehingga tanaman tidak dapat melakukan proses fotosintesis secara optimal. Kemudian bakteri akan memperbanyak diri dan menyerang jaringan vaskular tanaman. Pada tanaman yang terinfeksi akan mengeluarkan cairan yang mengandung masa bakteri pada bagian permukaan daun melalui luka. Cairan masa bakteri secara visual terlihat menyerupai embun susu dan bagian luka akan mengalami perubahan warna menjadi kuning keputihan dan daun mengering atau berwarna abu-abu.

Dampak yang ditimbulkan akibat infeksi oleh bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dapat dicirikan dengan adanya koloni bakteri yang berwarna kekuningan, hal ini disebabkan oleh pigmen *xanthimonadine* dan berlendir agak padat. Bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* tergolong bakteri gram negatif, keberadaan *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dapat menjadi penyebab penurunan produksi suatu tanaman yang terinfeksi oleh *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* karena mengakibatkan penyakit hawar daun bakteri (HDB) mengakibatkan penurunan produksi yang signifikan sebesar 10-12 % , gejala ditandai dengan munculnya garis kekuningan pada ujung daun yang melebar dan menyebabkan tepi daun menguning dan keriput (Luh dkk., 2016).

2.6. Jamur *Fusarium* sp.

Salah satu jenis patogen yang menyerang tanaman hortikultura adalah jamur *Fusarium* sp. (Sholilah dkk., 2019). Mekanisme *Fusarium* pada tanaman menginfeksi melalui luka yang terjadi pada akar, mampu bertahan hidup

pada lingkungan yang tidak sesuai untuk hidupnya dengan membentuk kladidospora sebagai bentuk pertahanan diri untuk bertahan dalam tanah (Heriyanto, 2019).

Keberadaan jamur *Fusarium* sp. dapat menimbulkan dampak secara ekonomi karena *Fusarium* sp. adalah patogen bagi tanaman hortikultura di dunia. Penyakit layu *Fusarium* menyerang akar dan menimbulkan kerugian yang cukup besar, jamur *Fusarium* sp. bersifat Soil inhabitat sehingga dapat bertahan lama berada dalam tanah dengan jangka waktu yang lama hingga beberapa tahun tanpa adanya inang dari jamur patogen *Fusarium* tersebut (Nugraheni, 2010). Menurut Roma (2009) jamur *Fusarium* sp. sebagai penyebab penyakit layu *Fusarium* di Klasifikasikan sebagaimana berikut:

Kerajaan	: Fungi
Divisi	: Amastigomycota
Kelas	: Deuteromycetes
Bangsa	: Moniliales
Suku	: <i>Fusarium</i>
Jenis	: <i>Fusarium</i> sp.

Fusarium sp. termasuk ke dalam jenis fungi saprofitik dengan filamen yang tersebar luas pada tanaman dan tanah, menurut penelitian yang dilakukan oleh azwin (2016) infeksi yang di sebabkan oleh *Fusarium* mampu menurunkan kemampuan sel dan jaringan dalam menjalankan fungsi fisiologisnya. *Fusarium* dapat tumbuh di media PDA dengan membentuk koloni berwarna putih dapat diamati langsung oleh mata. Pertumbuhan koloni cepat, berwarna putih, kuning sampai kecoklatan, ciri khusus dari fungi ini adalah mampu membentuk makrokonodia yang tersusun atas satu sel berbentuk oval dan tumbuh membentuk rantai atau terpisah. Optimalnya *Fusarium* sp. dapat tumbuh dengan kadar air 22 - 34 % atau lebih besar terhadap pH pertumbuhan yaitu 2,0 – 8,5 .

2.6.1. Morfologi Jamur *Fusarium* sp.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh Sholilah dkk. (2019) secara mikroskopis jamur *Fusarium* sp. berbentuk oval atau elips, tidak bersekat atau memiliki sekat 1-2, mikrokonodium tersusun pada ujung konodiofor yang panjang, bercabang dan memiliki sifat monofialid tunggal.

Jika diamati dari bagian samping, *Fusarium* sp. memiliki bentuk “canoe” memiliki “foot cell” yang terang pada bagian bawah dan bercabang, memiliki spora yang tidak berwarna. *Sporodochia* dan gumpalan besar dari spora yang bersal dari bagian *phialides* yang runcing adalah bagian dari conidiospor yang sering ditemukan berkelompok. Jamur *Fusarium* sp. pada umumnya memiliki 2 jenis spora, yaitu mikrokonodia dan chlamidospor, umumnya banyak ditemukan pada tumbuhan yang masih hidup atau mati dan dapat ditemukan pada tanah. Morfologi *Fusarium* sp. berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh (Sari dkk., 2017) sebagaimana disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Morfologi *Fusarium* sp. berdasarkan pengamatan dengan perbesaran 100 x (Sari dkk., 2017).

Jamur *Fusarium* sebagai patogen memiliki persebaran inang yang sangat luas yang dapat menyebabkan kerugian hingga 80% , jamur ini mampu hidup pada tanah dengan rentang suhu antara 21° C – 23° C dan suhu optimal adalah 28° C, jamur ini memiliki kemampuan berkembang lebih

cepat pada kondisi lingkungan dengan tanah yang mengandung air dan kelembaban udara tinggi (Zulfia dan Yusuf., 2014).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2022 sampai Februari 2023. Penelitian ini terdiri dari 3 tahap, tahap awal dalam penelitian ini adalah pembuatan ekoenzim dilakukan di rumah yang berlokasi Jl. Let. Kol Suratmin, Sukarame Bandar Lampung, tahap kedua peremajaan *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dan *Fusarium* sp., tahap ketiga adalah uji daya hambat ekoenzim terhadap pertumbuhan bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dan jamur *Fusarium* sp. secara *in-vivo* pada tanaman buncis dilakukan di *Green House* Laboratorium Botani Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cawan petri, pipet volumetri, beaker glass, gelas ukur, erlenmeyer, tabung reaksi, rak tabung reaksi, jarum ore, ose bulat, blender, *oven*, *autoclave* untuk sterilisasi alat yang digunakan dengan tekanan 121° C, *laminar air flow* digunakan saat inokulasi dan peremajaan bakteri dan jamur, *spektrofotometri uv-vis* digunakan untuk mengukur absorbansi pada uji klorofil, *hot plate*, *stiter*, gelas objek, gelas penutup, *freezer*, bunsen, mikroskop, pipet tetes, timbangan analitik, sumbat corong plastik, keranjang sampah, kertas saring, *polybag*, *tray*, ember, benang kasur, plastik, penggaris, kalkulator, mortar.

3.2.2. Bahan

Pada pembuatan ekoenzim bahan yang digunakan adalah kulit pisang kepok manado tua yang diperoleh dari kebun ibu Dwijowati Asih yang berlokasi di Desa Sabah Balau, Bandar Lampung. Kulit pisang yang digunakan adalah kulit pisang matang yang memiliki karakteristik kulit berwarna kuning muda hingga kuning pekat dengan aroma khas manis matang bukan aroma busuk (Indarto dan Murinto, 2017). Molase yang digunakan diperoleh dari pasar tradisional di Kecamatan Nattar, Bandar Lampung. Mikroba uji yang digunakan adalah bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dan jamur *Fusarium* sp. yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Unila. Adapun bahan lain yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah *Potato Dextrose Agar* (PDA) sebagai media dalam peremajaan jamur, Nutrien Agar (NA) sebagai media dalam peremajaan bakteri, benih buncis, media tanam, *aquades*, alumunium foil, alkohol 70% sebagai antiseptik agar lingkungan kerja tetap steril, alkohol 96% sebagai pelarut dalam uji kadar klorofil, kertas merang, tisu, spirtus.

3.3. Rancangan Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian ekperimental menggunakan Rancangan Kelompok Acak Lengkap (RKAL) terdiri atas 2 perlakuan yaitu pemberian ekoenzim yang terdiri dari kontrol (K), E1 dan E2 yang secara detail dapat dilihat sebagaimana tertera pada perlakuan ekoenzim, dan infeksi mikroba uji yaitu *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (X) dan *Fusarium* sp. (F). Setiap unit perlakuan menggunakan 5 ulangan.

Keterangan perlakuan ekoenzim:

Perlakuan ekoenzim tersusun atas

Kontrol (K) : kelompok kecambah buncis yang direndam dalam 30 ml suspensi patogen *Fusarium* sp. atau *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* selama 5 menit kemudian ditanam pada polybag berisi tanah.

Perlakuan E1 : kelompok kecambah buncis yang direndam dalam 30 ml suspensi patogen *Fusarium* sp. atau *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* selama 5 menit kemudian ditanam pada polybag berisi tanah selama 14 hari. Penyemaian dalam polybag dilakukan agar tanaman dapat beradaptasi dengan lingkungan tumbuhnya. Selanjutnya tanaman diberi 50 ml ekoenzim dengan konsentrasi 25%

Perlakuan E2: kelompok kecambah buncis yang direndam dalam 30 ml suspensi patogen *Fusarium* sp. atau *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* selama 5 menit kemudian ditanam pada polybag berisi tanah selama 14 hari. Penyemaian dalam polibag dilakukan agar tanaman dapat beradaptasi dengan lingkungan tumbuhnya. Selanjutnya tanaman diberi 50 ml ekoenzim dengan konsentrasi 50 % (Merisca, 2022).

Tabel 1. Unit perlakuan percobaan uji daya hambat ekoenzim terhadap pertumbuhan bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dan jamur *Fusarium* sp.

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

Keterangan: KF= tanaman kontrol *Fusarium* sp., KX= tanaman kontrol *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, E1F = ekoenzim konsentrasi 25% terhadap *Fusarium* sp., E2F= ekoenzim konsentrasi 50% terhadap *Fusarium* sp., E1X= ekoenzim konsentrasi 25% terhadap *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, E2X= ekoenzim konsentrasi 50% terhadap *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

Setiap unit percobaan diulang sebanyak 5 kali dilakukan sebagaimana tertera pada tata letak seperti pada Tabel 2.

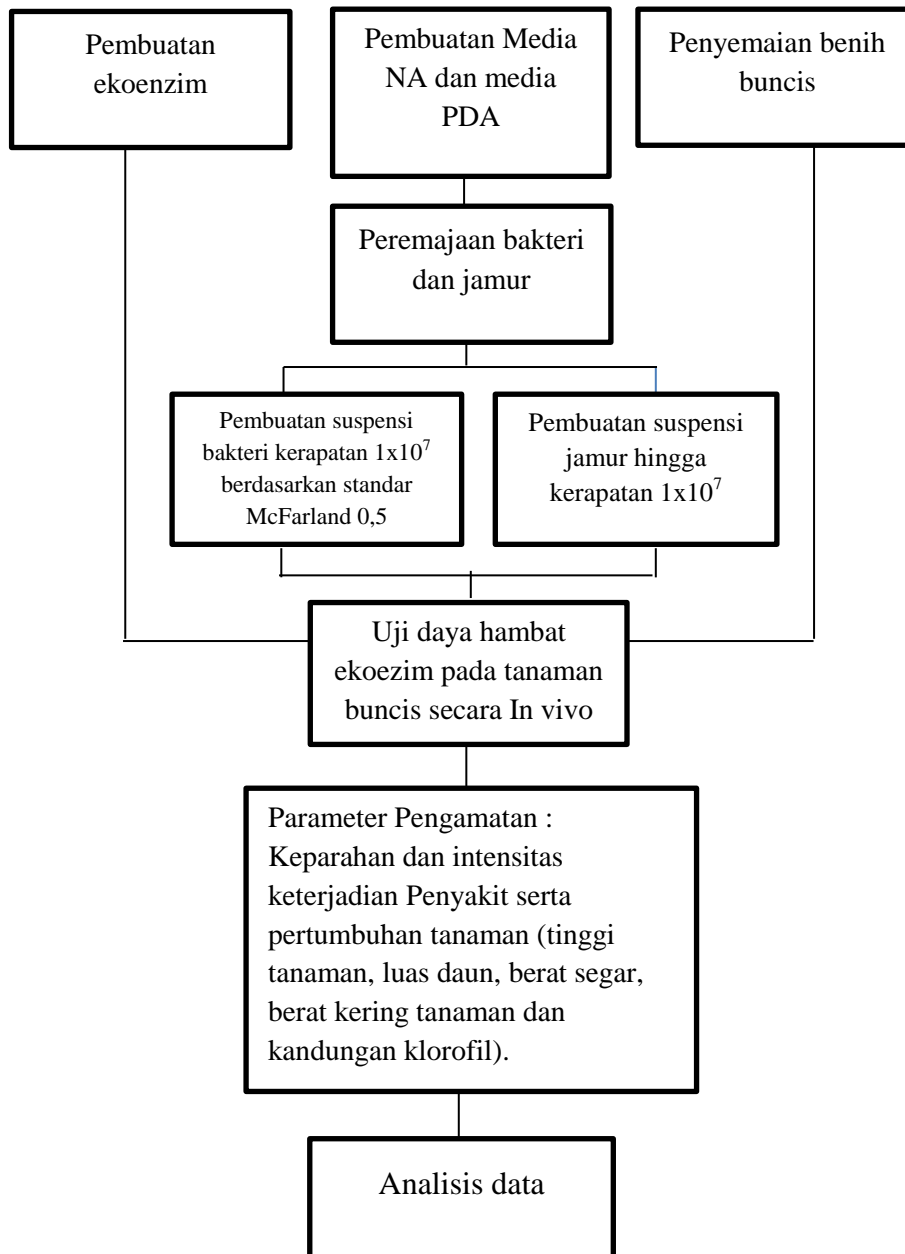
Tabel 2. Tata Letak Kelompok Penelitian

Ulangan 3	Ulangan 1	Ulangan 5	Ulangan 4	Ulangan 2
KX ₃	E ₁ F ₁	E ₂ X ₅	KF ₄	KF ₂
E ₁ X ₃	KX ₁	E ₁ X ₅	KX ₄	E ₁ F ₂
E ₁ F ₃	KF ₁	KX ₅	E ₁ X ₄	E ₂ F ₂
E ₂ F ³	E ₂ F ₁	KF ₅	E ₂ X ₄	KX ₂
KF ³	E ₁ X ₁	E ₁ F ₅	E ₂ F ₄	E ₁ X ₂
E ₂ X ₃	E ₂ X ₁	E ₂ F ₅	E ₁ F ₄	E ₂ X ₂

Parameter yang diamati adalah keterjadian penyakit dan keparahan penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Xanthromonas campestris* pv. *campestris* atau jamur *Fusarium* sp. serta pertumbuhan tanaman buncis mencakup tinggi tanaman, luas daun, kecepatan pertumbuhan, berat kering tanaman, berat segar tanaman dan kandungan klorofil. Parameter keterjadian penyakit diamati setiap hari selama 14 hari setelah tanam. Untuk data parameter lainnya ukur pada minggu ke-3 hingga ke-4 setelah tanam.

3.4. Diagram Alir

Tahapan penelitian yang dilakukan pada uji daya hambat ekoenzim dari kulit pisang kepok manado tua terhadap pertumbuhan tanaman buncis yang diinfeksi *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dan *Fusarium* sp. disajikan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

3.5. Prosedur kerja

prosedur kerja yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.5.1. Pembuatan Ekoenzim

Pembuatan ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado matang diawali dengan menyiapkan bahan dan alat yang akan digunakan dalam pembuatan ekoenzim. Kemudian air bersih yang digunakan dimasukkan dalam wadah berbahan plastik dengan perbandingan ratio kulit buah pisang: molase : air adalah 3 : 1 : 10, dalam hal ini dapat diasumsikan komposisi gram tiap bahan baku dalam pembuatan ekoenzim adalah 3 gram bahan organik : 1 gram molase : 10 gram air, untuk menentukan skala produksi yang diinginkan dapat mengkalikan perbandingan ini dengan faktor yang diinginkan. Penggunaan molase berfungsi sebagai sumber karbohidrat bagi bakteri untuk berfermentasi. Kulit pisang yang sebelumnya sudah dipotong kecil-kecil dimasukkan ke dalam larutan air dan molase yang telah homogen lalu diaduk agar tercampur rata. Ketika mencampurkan semua bahan pastikan bahan campuran tidak memenuhi seluruh volume wadah karena selama proses fermentasi akan menghasilkan gas. Setelah semua bahan tercampur, wadah ditutup rapat dan disimpan pada suhu ruang. Tutup wadah dibuka setiap seminggu sekali untuk mengeluarkan gas hasil fermentasi. Proses fermentasi dalam pembuatan ekoenzim membutuhkan waktu 3 bulan untuk menghasilkan ekoenzim yang baik. Setelah 3 bulan ekoenzim disaring untuk memisahkan residu kulit pisang dengan cairan ekoenzim (Gaspersz dan Fitrihidajati, 2022).

3.5.2. Pembuatan Media Kultur Mikroba

3.5.2.1. *Potato Dextrose Agar (PDA) Sebagai Media Biakan Jamur*

Media yang digunakan dalam peremajaan jamur adalah PDA. Bahan yang digunakan dalam pembuatan PDA adalah kentang, *dextrose* (gula), agar-agar, ekstrak buncis dan *aquades*. Kentang dalam PDA berperan sebagai karbohidrat bagi pertumbuhan jamur. Mula-mula 200 gram kentang yang

sudah dibersihkan dengan air kemudian dipotong menjadi bagian yang lebih kecil lalu ditambahkan *aquades*, direbus selama 20-30 menit. Kentang yang sudah direbus disaring menggunakan kertas saring *whatman*. Buncis yang telah disiapkan kemudian dihaluskan menggunakan *blender* lalu dilarutkan dalam 1000 ml *aquades* selanjutnya disaring menggunakan alat saring untuk mendapatkan ekstrak air buncis. Sebanyak 20 gram *dextrose*, 150 ml ekstrak buncis dan 13,5 gram agar-agar dituangkan ke dalam *erlenmeyer* berukuran 1000 ml kemudian dihomogenkan selama 20-30 menit di atas *hot plate*, selanjutnya disterilisasi menggunakan *autoclave* selama 15 menit dengan tekanan 1 atm dan rentang suhu 121° C, setelah media steril kemudian dituang ke dalam cawan petri sebanyak ± 15-20 ml kemudian dibiarkan hingga media mengeras atau memadat (Ariyono dkk., 2014).

3.5.2.2. Nutrien Agar (NA) sebagai media untuk biakan bakteri

Media yang digunakan untuk peremajaan bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* adalah *Nutrien agar*, sebanyak 23,5 gram medium sintetik diambil kemudian ditimbang, media yang sudah ditimbang dilarutkan dalam *aquades* 1000 ml di dalam *erlenmeyer* kemudian dilarutkan menggunakan sendok pengaduk dan dipanaskan di atas *hot plate* hingga agar-agar matang selanjutnya dilakukan sterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121° C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah media steril, media NA dituang ke dalam tabung reaksi (± 5 ml untuk media miring) atau cawan petri (± 15-20 ml). Setelah media mengeras media disimpan pada suhu ruang, kering dan steril setelah sterilisasi (Sujaya, 2017).

3.5.3. Peremajaan jamur *Fusarium* sp.

Peremajaan fungi *Fusarium* sp. berdasarkan Nurbaya dkk. (2015) menggunakan isolat atau biakan murni fungi *Fusarium* sp. peremajaan bertujuan untuk memacu pembentukan struktur morfologi atau reproduksi cendawan. Media yang digunakan adalah media PDA kemudian dituangkan ke dalam cawan petri dan tabung reaksi sebagai media miring,

dibiarkan hingga mengeras, selanjutnya isolat fungsi diinokulasikan menggunakan ose ke dalam media yang telah disiapkan, inokulasi dilakukan di dalam *laminar air flow* atau *encas* dengan lingkungan aseptis, kemudian kultur diinkubasi selama 5-7 hari di dalam oven dengan temperatur suhu 28-30° C.

3.5.4. Peremajaan bakteri *Xanthomonas campestris*.

Peremajaan *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dilakukan menggunakan media PDA steril yang sudah disiapkan, inokulasi bakteri dilakukan menggunakan ose bulat, biakan murni *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* diambil 1 ose kemudian diinokulasikan pada media PDA, inokulasi dilakukan di dalam *laminar air flow* atau *encas*, dilakukan dekat api *bunsen* untuk menghindari kontaminasi yang disebabkan oleh mikroorganisme pada saat proses inokulasi. Media yang telah diinokulasi kemudian diinkubasi selama 48 jam dengan suhu 28-30° C (Sumitro dkk., 2016).

3.5.5. Pembuatan suspensi bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*

Pembuatan suspensi isolat *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* di dasarkan pada standar McFarland 0,5. Larutan McFarland 0,5 digunakan sebagai pembanding kekeruhan biakan bakteri dalam suspensi cair dengan kepadatan 1×10^6 sel/ml – 1×10^8 sel/ml. Menurut Pujianto dan Hanna (2020) langkah awal pembuatan larutan McFarland 0,5 yaitu sebanyak 0,05 ml *balirum clorida* (BaCl_2) 1 % dan 9,95 ml *asam sulfat* (H_2SO_4) 1% ditambahkan ke dalam *aquades*, selanjtnya diletakan di tempat yang terhindar dari paparan sinar matahari langsung.

3.5.6. Perhitungan kepadatan suspensi jamur *Fusarium* sp.

Kerapatan spora jamur dalam suatu suspensi, dihitung menggunakan *haemocytometer*. *Haemocytometer* yang telah dibersihkan dengan *aquades* kemudian ditutup *cover glass*, selanjutnya hasil pengenceran ditetaskan

pada bidang hitung *haemocytometer* melalui celah yang terdapat di bagian kanan dan kiri *coverglass* hingga terisi penuh kemudian di diamkan selama 1 menit. Keberadaan spora jamur dalam *haemocytometer*, diamati menggunakan *mikroskop* dengan perbesaran 400 x, kemudian dihitung jumlahnya (Ali dan Rohmah, 2021). Perhitungan spora dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$C = \frac{t \times d}{n \times 0,25} \times 10^7$$

Keterangan :

- C : kerapatan spora per ml larutan.
 n : jumlah kotak sampel (5 kotak besar × 16 kotak kecil).
 t : jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati.
 0,25 : faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada *haemocytometer*
 d : faktor pengenceran bila harus diencerkan (d=1 berarti tidak diencerkan; d =10 berarti diencerkan 1:10).
 10^7 : standar kerapatan spora yang digunakan

3.5.7. Uji *In-Vivo* Ekoenzim Kulit Pisang Kepok Manado Tua Terhadap Penekanan Patogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dan *Fusarium* sp. Pada Tanaman Buncis

Benih buncis yang akan digunakan dipilih yang memiliki bentuk, ukuran yang sama dan tidak kisut. Benih yang terpilih diberi perlakuan sebagaimana tertera pada rancangan penelitian. Konsentrasi ekoenzim yang akan diaplikasikan pada tanaman buncis adalah 25% dan 50% di dapatkan dari hasil uji *in-vitro* berdasarkan daya hambat paling tinggi terhadap bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* dan jamur *Fusarium* sp dengan kepadatan suspensi bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* adalah 1×10^7 CFU/ mL dan kepadatan spora jamur *Fusarium* sp. adalah 1×10^7 spora/mL. Penanaman benih yang telah diberi perlakuan dilakukan dalam polybag berukuran 45 x 45 cm menggunakan

media tanam steril. Pengamatan parameter dilakukan selama 4 minggu setelah tanam.

3.5.8. Pengukuran parameter yang diamati

3.5.8.1. Parameter Keterjadian penyakit dan Keparahan Penyakit Keterjadian Penyakit

Pengamatan kejadian penyakit pada tanaman buncis yang telah diinfeksi oleh *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* atau *Fusarium* sp. ditentukan berdasarkan jumlah daun yang terinfeksi patogen dalam 1 tanaman. Pengamatan keterjadian penyakit diamati pada hari ke-5, 6, 7, 8, 9 dan hari ke-10 berdasarkan gejala yang ditimbulkan oleh tanaman buncis yang terinfeksi patogen (Sudarman dkk., 2016). Perhitungan intensitas kejadian penyakit dilakukan dengan menggunakan rumus perhitungan:

$$KP = \frac{n}{N} \times 100 \%$$

Keterangan :

n : Jumlah tanaman dengan gejala bercak

N : Jumlah tanaman yang diamati

Keparahan Penyakit

Pengamatan keparahan penyakit pada tanaman buncis ditentukan berdasarkan jumlah daun yang mengalami infeksi patogen paling tinggi menurut skor keparahan penyakit yang terjadi pada daun buncis. Pengamatan keterjadian penyakit dilakukan pada hari ke-7, 14,21 dan hari ke-28 setelah tanam. Pengamatan keparahan penyakit pada tanaman buncis dilakukan untuk mengetahui tingkat keparahan penyakit pada setiap tanaman yang menunjukkan gejala seperti adanya perubahan warna daun menjadi merah keabu-abuan dan sisi daun mengering akibat infeksi bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Rahmawati, 2012) dan

terjadi perubahan warna daun menjadi kuning hingga layu akibat infeksi jamur *Fusarium* sp. (Prasetyo, 2017). Data hasil pengamatan dihitung menggunakan metode Townsend dan Heuberger:

$$KP = \frac{\sum(n \times v)}{z \times N} \times 100 \%$$

keterangan:

KP : Keparahan Penyakit

n : Jumlah daun terserang dengan kategori tertentu

v : Nilai skala setiap kategori serangan

N : Jumlah tanaman yang diamati

Z : Nilai skala tertinggi.

Dalam penentuan katagori tingkat keparahan penyakit ditentukan dengan skala sebagaimana tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Skala keparahan penyakit

Skor	Keterangan
0	Luas bagian daun / tanaman yang diamati sehat (tanpa gejala)
1	luas daun memperlihatkan gejala sakit 1%-25% (kriteria ringan)
2	daun yang terserang memperlihatkan gejala sakit 26%-50% dengan kriteria (sedang)
3	luas daun menimbulkan gejala sakit 51%-75% (kriteria berat)
4	luas daun menimbulkan gejala sakit 75%-100% (kriteria sangat berat)

2.5.8.2. Parameter Pertumbuhan Tanaman

Tinggi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah sampai bagian ujung tunas yang paling tinggi (Malik, 2014) menggunakan benang kasur. Panjang benang kasur yang diperoleh kemudian diukur menggunakan penggaris. Pengukuran

tinggi tanaman dilakukan setiap 7 hari sekali selama 4 minggu pengamatan.

Luas Daun

Pengamatan luas daun dilakukan menggunakan metode gravimetri (Wicaksono, 2017). Semua daun pada tanaman yang diamati dibuat replikanya pada kertas, kemudian digunting. Seluruh replika daun kemudian ditimbang untuk mengetahui beratnya. Pada kertas yang sama dengan kertas untuk membuat replika daun dibuat potongan kertas berukuran 10 x10 cm kemudian ditimbang beratnya. Potongan kertas 100 cm² digunakan sebagai standar untuk menentukan luas total daun tanaman yang diamati. Luas total daun tanaman diukur menggunakan rumus gravimetri sebagai berikut :

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

Kecepatan Pertumbuhan

Kecepatan pertumbuhan tanaman diukur berdasarkan tinggi tanaman (Nasrul dan Fridayanti, 2014) dan ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\text{KP (cm/minggu)} = \frac{(\text{Tm}_4 - \text{Tm}_1)}{4 - 1}$$

Keterangan :

KP : Kecepatan pertumbuhan

Tm : Tinggi tanaman pada minggu ke-1

Tm : Tinggi tanaman pada minggu ke-4

Berat Segar Tanaman

Pengamatan berat segar tanaman dilakukan dengan menimbang seluruh bobot tanaman menggunakan timbangan analitik pada hari terakhir pengamatan yaitu hari ke-28. Tanaman yang sudah dipanen kemudian dicuci bersih untuk menghilangkan tanah dan kotoran lainnya kemudian dikeringkan menggunakan lap atau kertas tisu. Tanaman yang sudah dibersihkan kemudian ditimbang berat segarnya (Khasanah dkk., 2020).

Berat Kering Tanaman

Berat kering merupakan biomassa suatu tanaman sebagai akumulasi fotosintat dari fotosintesis (Khasanah dkk., 2020). Perhitungan berat kering tanaman dilakukan pada hari terakhir pengamatan yaitu hari ke-28. Sampel tanaman buncis dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80° C selama 48 jam kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik (Merisca, 2022).

Kandungan Klorofil

Analisis kandungan klorofil dilakukan pada hari ke-28 setelah tanam, menurut Sirait (2008) analisis kandungan klorofil dilakukan dengan mengambil daun ke-3 dan ke -4 dari bawah kemudian dipotong menjadi bagian kecil. Daun yang akan dianalisis ditimbang menggunakan neraca analitik masing-masing sebanyak 0,1 gr kemudian dihancurkan menggunakan mortar kemudian dimasukan ke dalam tabung reaksi yang sudah berisi 10 ml alkohol 96%. Ekstrak klorofil alkohol disaring menggunakan kertas whatman No.1 kemudian dimasukan ke dalam kuvet lalu ditutup rapat. Selanjutnya 1 ml larutan sampel dan larutan alkohol 96% dimasukan ke dalam kuvet kemudian dilakukan pembacaan serapan dengan spektrofometer UV pada panjang gelombang 648 nm dan 664 nm. Kadar klorofil dihitung menggunakan rumus sebagai berikut .

$$\text{Klorofil a} = (13,36 \times 664 - 5,19 \times 648) \text{ mg/L}$$

$$\text{Klorofil b} = (27,43 \times 648 - 8,21 \times 664) \text{ mg/L}$$

$$\text{Klorofil total} = (5,24 \times 664 + 22,24 \times 648) \text{ mg/L (Meriska, 2022).}$$

3.6. Analisis Data

Data yang didapatkan kemudian dianalisis menggunakan *Analysis of variance* (ANOVA) pada $\alpha = 5\%$. Jika terdapat pengaruh nyata terhadap parameter yang diamati, analisis akan dilanjutkan dengan uji beda rata-rata menggunakan uji *Tukey* pada $\alpha = 5\%$. Analisis data dilakukan menggunakan model SPSS seri 26.

V. KESIMPULAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. pemberian ekoenzim dari kulit pisang kepok manado tua dengan konsentrasi 50% terhadap tanaman buncis yang diinfeksi *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* mampu menghambat penyakit akibat infeksi *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* pada tanaman buncis (E2X), berdasarkan gejala keparahan penyakit dan kemampuannya lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian ekoenzim terhadap tanaman buncis yang diinfeksi *Fusarium* sp. (E2F)
2. pemberian ekoenzim dari kulit pisang kepok manado tua mampu terhadap tanaman buncis yang diinfeksi *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* mampu meningkatkan pertumbuhan morfologi dan fisiologi tanaman buncis, terutama pemberian ekoenzim dengan konsentrasi 50% (E2X).

5.2. Saran

Adapun saran yang perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya yaitu perlu dilakukan uji lebih lanjut terhadap efektivitas ekoenzim dari kulit pisang kepok manado tua terhadap jenis patogen lain yang menyerang tanaman, sehingga dapat digunakan sebagai pestisida alami untuk mengetasi jenis penyakit tanaman lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. 2021. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) Secara Hidroponik. *Jurnal PENDAS*. 3(1) : 21-27.
- Aburamai. 2018. Cara Menanam Buncis Tegak Tanpa Lanjaran Dan Tips Perawatan. Diakses dari www.ilmubudidaya.com.
- Adelia, P. F., Koesriharti., Sunaryo. 2013. Pengaruh Penambahan Unsur Hara Mikro (Fe dan Cu) Dalam Media Paitan Cair Dan Kotoran Sapi Cair Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) Dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung. *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(3):48-58.
- Aditya, A. H., 2015. Ketahanan Empat Varietas dan Satu Galur Padi Terhadap Penyakit Hawar Daun Bakteri. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Jember : Jember.
- Agung, R. 2021. Respon pertumbuhan dan produksi kacang buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) terhadap pemberian biochar sekam padi dan pupuk organik cair (POC) Tomat. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Medan Area : Medan.
- Akbari, W. A. A., Fitrianiingsih, Y., Jati, D, R. 2020. Pemanfatan Limbah Kulit Pisang dan Tanaman *Mucuna bracteates* sebagai Pupuk Kompos. *Artikel ilmiah*. 3(1): 1-10. Diakses dari <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/article/view/11424>
- Akyuni, Q., Putri, F. R., Annisa, N., Putri, H., Farma, S. (2021). Efektifitas Antibakteri Sabun *Handmade* Berbahan Dasar Ecoenzyme dan Lidah Buaya sebagai Alternative Sabun Pencuci Tangan. *Prosiding SEMNAS BIO*. Hal : 1340-1349.
- Alexopoulos, C. J., Mims, C.W., 1979. *Introductory Mycology*. Think Edition. John Wiley dan Sons. Inc : USA. Hal : 561.

- Ali, T., Rohmah, N. I. 2021. Uji Pengembangan Spora Entomapatogen Bunga *Entomopatogen lecanicillium lecanii* Menggunakan *Haemocytometer*. *Jurnal Matematika & sains*. 1 (2) : 143-150.
- Amalia, A., Sari, I., Nursanty, R., 2017. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Daun Sembung (*Blumea balsamifera* (L.) DC.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Methicillin Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA). *Prosiding Seminar Nasional Biotik*. 3 (8): 387-391.
- Anggraeni, I., 2018. *Pemberian Pupuk Oragni Cair dan Pupuk Organik Padat Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Branssica juncea*)*. Skripsi. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Lampung.
- Anggraini, W., Nisa, S. C., Ramadhani, R., Ma'ruf, B., 2019. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etano; 96% Buah Blewah (*Cucumis melo* L. var. *cantalupensis*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli*. *Pharmaceutical Journal Of Indonesia*. 5 (1) : 61-66.
- Anhar, A. dan Tati, S. 2022. Pengaruh Pemberian Konsentrasi Ekoenzim terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *Serambi Biologi*. 7(2):186-191
- Ariani, N. dan Niah, R., 2019. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* forma *typical*) Mentah Secara *in-vitro*. *Jurnal Ilmiah Manuntung*. 5 (2) : 161-166.
- Arifiansyah, S., Nurjasmi, R., Ruswadi. 2020. Pengaruh Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Klorofil *Wheatgrass* (*Triticum aestivum* L.). *Jurnal Ilmiah Respati*. 11 (2) : 82-92.
- Ariyanti, N. A. 2012. Mekanisme Infeksi Virus Kuning Cabau (*Papper Yellow Leaf Curl Virus*) dan pengaruhnya terhadap Proses Fisiologi Tanaman Cabai. *Seminar Nasional IX Pendidikan Biologi. FKIP UNS*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Ariyono, R. Q., Djauhari, S., Sulistyowati, L. (2014). Keanekaragaman Jamur Endofit Daun Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir.) Pada Lahan Pertanian Organic Dan Konvensional. *Jurnal HPT*. 2 (1) : 19-28.
- Asngad. 2013. Inovasi Pupuk Organik Kotoran Ayam Dan Enceng Gondok Dikombinasi Dengan Bioteknologi Mikroriza Bentuk Granul. *Jurnal Mipa:Conservation University*. 36 (1) hal : 1-7.

- Astiti, N. P. G. 2020. Respon Berbagai Bagian Tandan Buah Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.) Terhadap Pemberian Berbagai Konsentrasi Ethepon. Skripsi. Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian. Dharma Wacana Metro : Lampung.
- Azwin. 2016. Inokulasi *Fusarium* sp. Pada Pohon Karas (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) terhadap Pembentukan Gaharu. *Wahana Foresta : Jurnal Kehutanan*. 11(2): 138-153.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Bahan Pokok Makanan. 2022.
- Bassi, D., Menossi, M., dan Mattiello, L. 2018. Nitrogen supply influences photosynthesis establishment along the sugarcane leaf. *Scientific Reports*. 8(1) : 1–13.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. New York : Colombia University Press, 477.
- Dwiastuti M. E., Fajri M. N, dan Yunimar. 2015. Potensi *Trichoderma* spp. sebagai Agens Pengendali *Fusarium* spp. Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch.). *J. Hort*. 25 (4): 331- 339.
- Dwivanny, F. M., Wikantika, K., Susanto, A., Ghazali, M. F., Lim, C., Kamalesha, G., 2021. *Pisang Indonesia*. Bandung : ITB Press.
- Egra, A., Mardhiana., Rofin, M., Adiwena, M., Jannah, N., Kuspradini, H., Mitsunaga, T., 2019. Aktivitas Antimikroba Ekstrak Bakau (*Rhizophora mucronata*) dalam Menghambat Pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* Penyebab Penyakit layu. *Jurnal Agrovigor*.12 (1) : 26-31.
- Ernawati, W. P., Elvi, R., Mukarlina. 2018. Respon pertumbuhan vegetative tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) dengan pemberian kompos limbah kulit pisang Nipah. *Jurnal Protobiont*. 7 (1) : 45-50. Diakses dari <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jprb/article/viewFile/23627/18547>.
- Ernawiati E., Pratami, G. D., Setyaningrum E., Kiascha, G., Angellika, D. 2021. Karakterisasi Struktur Morfologi dan Viabilitas Polen dari berbagai Kultivar Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.). *Buletin Kebun Raya*. 24 (1) : 35–41.
- Fadlilah., D. M., Setiawan., A. S., Handoko., Y. A. 2022. Isolasi, Karakterisasi, dan uji stabilitas pH bakteriofag *Xanthomonas oryzae* dari area persawahan. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 19 (2)
- Febbiyanti, T.R., Stevanus, C.T., Tistama, R. 2020. Peranan pupuk dan fungisida terhadap pemulihan tajuk akibat penyakit gugur daun pestalotiopsis pada klon gt 1 di kebun percobaan pusat penelitian karet semawa. *Jurnal Penelitian Karet*. 38 (2) : 145 – 164

- Gaspersz, M. M., Fitrihidajati, H. 2022. Pemanfaatan Ekoenzim Berbahan Limbah Kulit Jeruk dan Kulit Nanas Sebagai Agen Remediasi LAS Detergen. *Lentera Bio*. 11 (3): 503-513.
- Gunadi, N. 2009. Kalium Sulfat dan Kalium Klorida Sebagai Sumber Pupuk Kalium pada Tanaman Bawang Merah. *Jurnal Hort*. 19 (2) : 174-185.
- Hastuti, P. B., dan Titiaryanti, N. M. 2022. Respon Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit di Pre Nursery dengan Berbagai Konsentrasi Ekoenzim dan Dosis NPK. *Jurnal Pertanian Agros*. 24(2) : 558-606
- Indarto dan Murinto. 2017. Deteksi Kematangan Buah Pisang Berdasarkan Fitur Warna Citra Kulit Pisang Menggunakan Metode Tranformasi Ruang Warna HIS. *Jurnal Juita*. 5 (1): 15-21.
- Jelita, R. 2022. Produksi Ecoenzyme Dengan Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Untuk Menjaga Kesehatan Masyarakat di Era New Normal. *Jurnal Maitreyawira*. 3 (1) : 28-25.
- Khasanah, A., Hajoeningtjas, O. D., Budi, G.P., Pamungkas, R. B. 2020. Uji Pupuk Urea Slow Release Matriks Komposit pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Caisin (*Brassica chinensis* L.). *Pembangunan Pertanian Berkelanjutan dalam Perspektif Teknologi, Sosial, dan Ekonomi*. Hal : 173 -180.
- Komala, O., Yulianita., Siwi, F. R., 2019. Aktivitas Antijamur Ekstrak Etanol 50% dan Etanol 96% Daun Pacar Kuku *Lawsonia inermis* L. Terhadap *Trichophyton mentagrophytes*. *Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*. 19 (1): 12-19.
- Lestari, D. M., Hidayati, S., Surosono. E., Rasyid, H. 2022. Analisis Pasar Pangan dan Lokasi Pendirian Industri Tepung Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* forma *typical*) Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*. 1(1): 143.
- Mainawati, D., Brahmana, E. M., Mubarrak, J., 2020. Uji Kandungan Metabolit Sekuner Tumbuhan Obat Yang Terdapat di Kecamatan Rambahan Samo Kabupaten Rokan Hulu. *Makalah ilmiah*. Fakultas keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Pasir Pengaraian.
- Malik, N. 2014. Pertumbuhan Tinggi Tanaman Sambiloto (*Andrographis paniculata*. Ness) Hasil Pemberian Pupuk dan Intensitas Cahaya Matahari yang berbeda. *Jurnal Agroteknos*. 4 (3): 189-193.
- Mastur., Syafaruddin., Syakir, M. 2015. Peran dan Pengelolaan Hara Nitrogen Pada Tanaman Tebu untuk Meningkatkan Produktifitas Tebu. *Jurnal Perspektif*. 14 (2): 73-86

- Mavani, H.A., Tew, I.M., Wong, L., YEW, Z.H., Mahyuddin, A., Ghazali, R.A., dan Pow, E.H. 2020. Antimicrobial Efficacy of Fruit Peels Eco-Enzyme Against *enterococcus faecalis*: An In Vitro Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 1-12.
- Merisca, S. E., 2022. Uji Efektivitas *Aerates Compost Tea Serat Bromelain* Yang diinduksi Inokulum *Trichoderma* sp. (Bio GGP 2) Terhadap Penekanan Patogen *Xanthomonas Campestris* pv. *Campestris* dan Pertumbuhan Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.). Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- Nafis, M. A. 2022. Pengaruh Aplikasi Berbagai Macam Konsentrasi Ekoenzim dan Bentuk Potongan Stek Batang Tanaman Mawar (*Rosa hybrida*). Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Islam Malang : Malang.
- Najla. L., Warsito, M., Hakim, T., Sulardi. 2022. *Bioenzim dan aplikasi dibidang pertanian* : Buku Manufag. Bekasi:PT Dewangga Energi Internasional.
- Nasrul., Fridayanti, N. 2014. Pengaruh Lama Perendaman Dan Suhu Air Terhadap Pemecahan Dormansi Benih Segon (*Paraseriathes falcataria* L. Nielsen). *Jurnal Agrium*. 11 (2): 129-134.
- Noveriza, R. dan Melati. (2022). Potensi Pemanfaatan Ekoenzim Air Cucian Beras (ACB) Sebagai Biopestisida dan Biofertilizer. *Prosiding Seminar Nasional MIPA UNIPA*. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. Hal : 44-54.
- Noviana. 2017. Aplikasi Pupuk Hayati Dengan Berbagai Konsentrasi Dan Frekuensi Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.). Skripsi. Fakultas pertanian. Universitas Jember : Jember.
- Nugraheni, E. S., 2010. Karakterisasi Biologi Isolat-Isolat *Fusarium* sp. Pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) Asal Boyolali. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Nurbaya., Kuswinanti,T., Baharuddin., Rosmana, A., Millang. S. 2015. Eksporasi *Fusarium* spp. yang berorisasi dengan *Aquillaria* spp. di Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara. *Prosiding Seminar Nasional Mikrobiologi Kesehatan dan Lingkungan*. Makassar.
- Nuryani, E., Haryono, G., Historiawati. 2019. Pengaruh dosis dan saat pemberian pupuk P terhadap hasil tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) tipe tegak. *VIGOR: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*. 4 (1): 14-17.
- Nurzaman, F., Djajadisastra, J., Elya,B., 2018. Identifikasi Kandungan Saponin dalam Ekstrak Kamboja Merah (*Plumeria rubra* L.) dan Daya Surfaktan dalam Sediaan Kosmetik. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*. 8 (2) : 86-93.

- Nurlela., Astuyi, A.P., Maharani, E.T.W. 2022. Analisis Pengaruh Penambahan Eco-Enzyme Limbah Kubis Terhadap Pengawetan Buah Tomat Dengan Perbandingan Variasi Substrat. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*. 10(2):122-131.
- Parman, S., 2007. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 15(2) : 21-31.
- Prasetyo, K. A. dan Laily, A. N. 2015. Uji Konsentrasi Klorofil Daun Temu Mangga, Temulawak dan Temu Hitam dengan tipe kertas saring yang berbeda menggunakan *spektrofometer*. *Seminar Nasional Konservasi dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam*. UIN Maulana Malik Ibrahim : Malang.
- Prasetyo, M. S. H. 2017. Kajian Intensitas Penyakit Bercak Coklat Sempit (*Cercospora oryzae*) Dan Teknik Pengendalian Pada Pertanaman Padi di Kecamatan Tanggul Kabupaten Jember. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Jember.
- Pratama, R. D., Yuliani, Trimulyono, G. 2015. Efektifitas ekstrak daun dan biji jarak pagar (*Jatropha curcas*) sebagai antibakteri *Xanthomonas campestris* Penyebab Penyakit Busuk Hitam pada Tanaman. *Jurnal Kubis Lentera Bio*. 4 (1): 112-118.
- Pratama., A. Y. 2022. *Pengaruh Eco-Enzyme dan Vermikopos Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Seledri (Apium graveolens L.)*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Islam Riau : Pekanbaru.
- Rahmatan, C. B. H., Supriatno. 2016. Pengaruh Pemberian Air Cucian Beras Merah Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*. 1(1): 1-9.
- Rahmawati, Y., Purnomo, J., Susanti, H. 20218. Pengaruh Pemberian Jenis Dan Takaran Pupuk Organik Terhadap Karakteristik Fisiologis Tanaman Bawang Merah Pada Tanah Ultisol. *EnviroScienteeae*. 14 (2) : 161-169.
- Ramdani, A.H., Karima, R., Ningrum, R.S. 2022. Antibacterial Activity of Pineapple Peel (*Ananas comosus*) Eco-enzyme Against Acne Bacteria (*Staphylococcus aureus* and *Prapionibacterium acnes*). *Indo. J. Chem. Res*. 9(3):201-207
- Ratnawinda, D. 2020. Identifikasi Hama dan Penyakit pada lahan tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) serta rekomendasi keputusan pengelolaam Agroekosistem. *Artikel Ilmiah*. (1). Diakses dari <https://osf.io/8wfd3>.
- Rika, R. R., Luliana, S., Trianto, H. F., 2014. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Mangga Bacang (*Mangifera foetida* L.) Terhadap *Staphylococcus aureus* Secara In Vitro. *Jurnal Mahasiswa PSPD FK Universitas Tanjungpura*. 1 (1) : 3-19.

- Rosyidah, A. 2016. Respon Pemberian Pupuk Kalium Terhadap Ketahanan Penyakit Layu Bakteri dan Karakter Agronomi pada Tomat. *Seminar Nasional Hasil Penelitian*. Hal : 147-152.
- Ruminah. 2021. Penentuan Kadar unsur Hara (C, N, P, dan K), Uji Aktivitas Antijamur dan Enzim pada Ekoenzim Kulit Buah Jeruk (*Citrus* sp.), Nanas (*Ananas comosus*), Pepaya (*Carica papaya* L.). Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati. Bandung
- Rustianti, M. E. 2018. Potensi Kulit Pisang Kepok kuning (*Musa paradisiaca* L.) Sebagai Bahan Tambahan dalam Pembuatan Es Krim. Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Saidah. L. S., Nurhati., Muhibuddin.,A. 2018. Peran VAM (*Vesicular Arbuscular Mycorrhiza*) terhadap Aktivitas Fotosintetik dan Produksi Osmoprotektan pada Tanaman Kedelai (*Glycine Max* L.) di Tanah Kering. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 7(2) : 2337-3520.
- Salsabila, R. K., dan Winarsih. 2023. Efektivitas Pemberian Ekoenzim Kulit Buah sebagai Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *LenteraBio*. 12 (1) : 50-59.
- Saragih, E, F. 2016. Pengaruh Pupuk Cair Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* forma typica) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Caisim (*Brassica juncea* L.). Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Sanata Dharma : Yogyakarta.
- Sari, W., Wiyono, S., Nurmansyah, A., Munif,A., Purwanto, R., 2017. Keanekaragaman Dan Patogenitas *Fusarium* spp. Asal Beberapa Kultivar Pisang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 13 (6): 216- 228.
- Setiawan, A. B., Yulianty., Nurcahyani, E., Lande, M. L. 2019. Efektifitas Pemberian Pupuk Organik Cair dari Tiga Jenis Rebung Bambu Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Biosfer: Jurnal Tadris Biologi*. 10 (2): 143-156.
- Sholihah, R, I., Sritamin, M., Wijaya, N, I. 2019. Identifikasi Jamur *Fusarium solani* yang berasosiasi dengan Penyakit Busuk batang pada Tanaman Buah Naga (*Hylocereus* sp.) di Kecamatan Bangorejo, Kabupaten Banyuwangi. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 8 (1) : 91-101.
- Simatupang, U. C. 2022. Pengolahan Limbah Kulit Pisang menjadi Media Tanam Organik dengan Cara Pengomposan Aerob. *Artikel ilmiah*. 19 (3) hal:46-51.
- Sirait, J. 2008. Luas Daun, Kandungan Klorofil dan Laju Pertumbuhan Rumput Pada Naungan dan Pemupukan Berbeda. *JITV*. 13 (2) : 109-116.

- Soenartiningih, M. A., dan Andayani, N.N. 2016. Strategi Pengendalian Cendawan *Fusarium* sp. dan Kontaminasi Mikotoksin pada jagung. *IPTEK Tanaman Pangan*. Balai penelitian Tanaman Serealia. 11 (1) : 85-97.
- Sudarman, I. M., Sudana, I. M., Suniti, N. W., Puspawati, N. M. 2016. *Epidemiologi Penyakit Tumbuhan*. Buku Penuntut Praktikum. Fakultas Pertanian. Universitas Udayana : Denpasar.
- Suhariyono, G., Yulizon, M. 2005. Analisis Karakteristik Unsur-Unsur Dalam Tanah Di Berbagai Lokasi Dengan Menggunakan XRF. *Prosiding PPI – PDIPN*. Puslitbang Teknologi Maju – BATAN, Jogjakarta. Hal 197-206.
- Sujaya. I. N. 2017. Petunjuk Praktikum Mikrobiologi. *Makalah Ilmiah*. Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat. Universitas Udayana : Bali. Diakses dari https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pendidikan_dir/7afcb15c2c6bc37870553bb57e33e346.pdf.
- Sumitro, Y., Syuryati., Hamdan, S., Putri, E. E. 2016. Perbanyakkan Massal *Trichoderma* sp.pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA), Beras dan Jagung. *Makalah*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau. 2 (2) : 470-479.
- Supriyani., Astuti, A. P., Maharani, E. T. W., 2020. Pengaruh Variasi Gula Terhadap Produksi Ekoenzim Menggunakan Limbah Buah dan Sayur. *Seminar Nasional Edusaintek*. Hal 470-479. Diakses dari <https://prosiding.unimus.ac.id/index.php/edusaintek/article/viewFile/589/590>.
- Susilowati, L, E., Ma'shu, M., Arifin, Z. 2021. Pembelajaran tentang pemanfaatan sampah oraganik rumah tangga sebagai bahan baku *Eko-enzim*. *Jurnal pengabdian magister pendidikan IPA*. 4(4):356-362. diakses dari <https://jppipa.unram.ac.id/index.php/jppmpi/article/view/1147>
- Sutarman. 2017. *Dasar-dasar Ilmu Penyakit Tanaman*. Sidoarjo : Umsida press
- Tong, Y dan Liu, B. 2020. Test research of different material made garbage enzyme's effect to soil total nitrogen and organic matter. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 510 (4).
- Triadiawarman, D., Dhani, A., Joko, k. 2022. Peran Unsur Hara Makro Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bawang Merah (*Allium cepa* L.). *Jurnal Agrifor*. 31 (1) : 27-32.
- Tjahjono, B. 2019. Ilmu Penyakit Tumbuhan. Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah. Diakses pada <https://mip.faperta.unri.ac.id/file/bahanajar/87469-Ilmu-Penyakit.pdf>.

- Viza, R. Y. 2022. Uji Organoleptik Eco-Enzyme Dari Limbah Kulit Buah. *Bioedusains : Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*. 5 (1) : 24-30.
- Wasilah, Q., Winarsih., Basri, B. 2019. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik cair berbahan baku limbah Sisa Makanan dengan penambahan bahan organik terhadap pertumbuhan (*Brassica Junaea L.*) *Lentera Bio*. 8(2): 136-141
- Wati, F, D, A., Nurcahyanti. S, D. Addy. H, S. 2017. Eksplorasi *Bacillus* spp. dari Perakaran Kubis sebagai agen Antagonis *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. *Jurnal Agritop*. 15 (2) : 218. Diakses dari <https://media.neliti.com/media/publications/273668-eksplorasi-bacillus-spp-dari-perakaran-k-cd38a160.pdf>
- Wicaksono, F. Y. dan Irwan, A. W. 2017. Perbandingan Pengukuran Luas Daun Kedelai Dengan Metode Gravimetri, Regresi Dan Scanner. *Jurnal Kultivasi*. 16 (3) : 425-429. diakses dari <http://jurnal.unpad.ac.id/kultivasi/article/view/14448/7168>.
- Widodo, A. 2021. Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman yang Ramah Lingkungan dengan Pasti Aman Pakai *Eco-enzyme* pada Dinas Perkebunan dan Hortikultura kabupaten Kolaka Timur “PAK ECO”. *Laporan Hasil Aktualisasi*. Badan Pengembangan sumber daya Manusia : Kendari
- Woda, S. L. 2019. Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kematangan Dan Kadar Kalium (K) Pupuk Kompos Berbahan Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca L.*), Kotoran Sapi, Dedak, Dolomit dan EM4. Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Sanata Dharma: Yogyakarta.
- Yanuartono., Purnamaningsing, H., Nururrozi, A., Indarjulianto, S., 2017. Saponin : Dampak terhadap ternak (Ulasan). *Jurnal peternakan Sriwijaya*. 6(2):79-90.
- Yuniarti, L. 2021. Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok (Kerukupis) Dalam Minimalisir Limbah Kulit Pisang. Skripsi. Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam. Institut Agama Islam Negeri (IAIN): Bengkulu.
- Zulfia, V. dan Yusuf, R. 2014. Pengendalian Penyakit Layu *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*) pada Tanaman Sawi (*Brassicajuncea L.*) dengan berbagai dosis Trichoderma. *Prosiding Seminar Nasional Agroinovasi*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau. Riau.
- Roma. 2009. Efektifitas Trichoderma sp. dari Empat Lokasi Wilayah Banjarbaru Terhadap *Fusarium* spp. Penyebab Layu Tomat. Diakses dari <http://romaculture.wordpress.com/>.