

**KARAKTER BIOKIMIA EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK
MANADO (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*) MUDA dan DAYA
HAMBATNYA PADA *Fusarium* sp. dan *Xanthomonas campestris***

(SKRIPSI)

Oleh

**Annisa Zahwa Salsabila
NPM. 1917021057**



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

ABSTRAK

KARAKTER BOKIMIA EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK MANADO (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*) MUDA dan DAYA HAMBATNYA PADA *Fusarium* sp. dan *Xanthomonas campestris*

Oleh

ANNISA ZAHWA SALSABILA

Pisang termasuk salah satu tanaman yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Tingginya produksi pisang berdampak pada jumlah limbah organik. Masyarakat umum belum mengetahui bahwa limbah organik kulit pisang masih dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan salah satunya dijadikan bahan organik untuk membuat ekoenzim. Ekoenzim adalah cairan yang mengandung enzim yang berasal dari hasil proses fermentasi bahan-bahan alami. Ekoenzim diketahui memiliki aktivitas antimikroba dan fungisida. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter kimia, biologi dan aktivitas antimikroba ekoenzim berbahan dasar limbah kulit pisang dan akan dihambatkan pada *Fusarium* sp. *Xanthomonas campestris*, dan *Bacillus* sp. uji antimikroba akan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) satu faktor yaitu konsentrasi ekoenzim 25%, 50% dan 75%. Setiap unit perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Parameter yang diamati adalah berbagai sifat kimia dan biologi termasuk IAA. Parameter untuk antimikroba digunakan daya hambatnya terhadap *Fusarium* sp., *Xanthomonas campestris* dan *Bacillus* sp. simpulan dari penelitian ini diperoleh ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado muda memiliki karakter biologi yang efektif sebagai antibakteri, tetapi tidak efektif sebagai antifungi. Ekoenzim mengandung mikroorganisme yang mampu menghasilkan hormon IAA dan melarutkan fosfat. Parameter karakter kimia ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado muda yang diperoleh meliputi pH asam antara 4,00 – 5,50, nilai TS dan TDS yang semakin tinggi dengan bertambahnya konsentrasi uji, serta mengandung senyawa fitokimia berupa flavonoid, tanin dan saponin yang diperkuat dengan hasil spektrum IR yang menunjukkan adanya kemiripan dengan gugus fungsi. Ekoenzim dengan konsentrasi 50% dan 75% efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Xanthomonas campestris* dan *Bacillus* sp. namun tidak efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium* sp.

Kata kunci : Limbah organik, ekoenzim, kulit pisang kepok, antimikroba, *Xanthomonas campestris*, *Bacillus* sp., *Fusarium* sp.

**KARAKTER BIOKIMIA EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK
MANADO (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*) MUDA dan DAYA
HAMBATNYA PADA *Fusarium* sp. dan *Xanthomonas campestris***

Oleh

ANNISA ZAHWA SALSABILA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Judul Skripsi

: **KARAKTER BIOKIMIA EKOENZIM DARI
KULIT PISANG KEPOK MANADO (*Musa
paradisiaca* var. *formatypica*) MUDA dan
DAYA HAMBATNYA PADA *Fusarium* sp.
dan *Xanthomonas campestris***

Nama Mahasiswa

: **Annisa Zahwa Salsabila**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1917021057

Program Studi

: Biologi

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Pembimbing I

Rochmah Agustrina Dn.D.

NIP. 196108031989032002

Pembimbing II

Achmad Arifiyanto, M.Si.

NIP. 199011302019031013

Ketua Jurusan

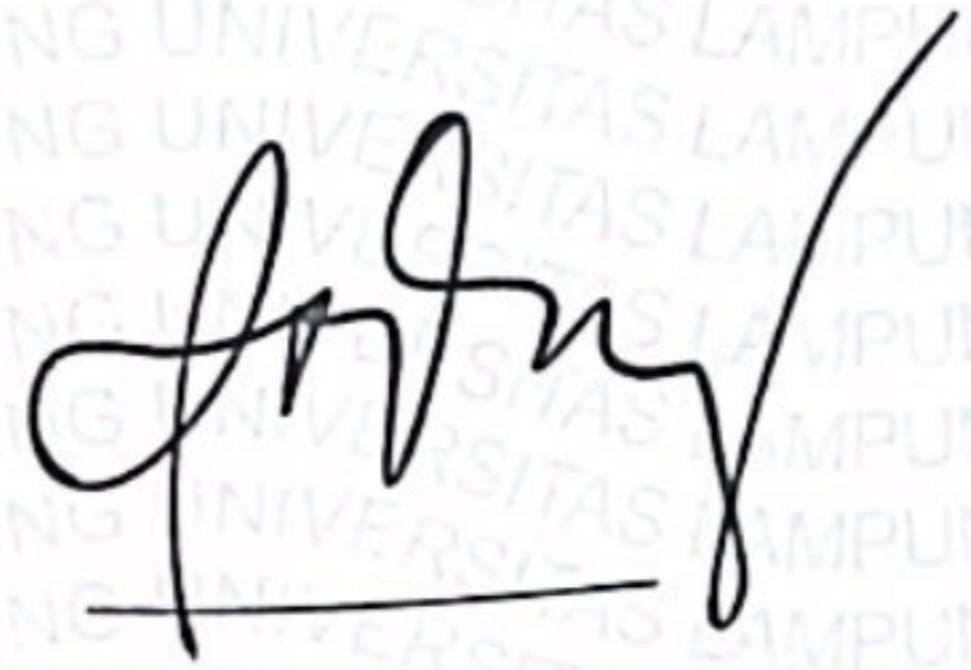
Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.

NIP. 198301312008121001

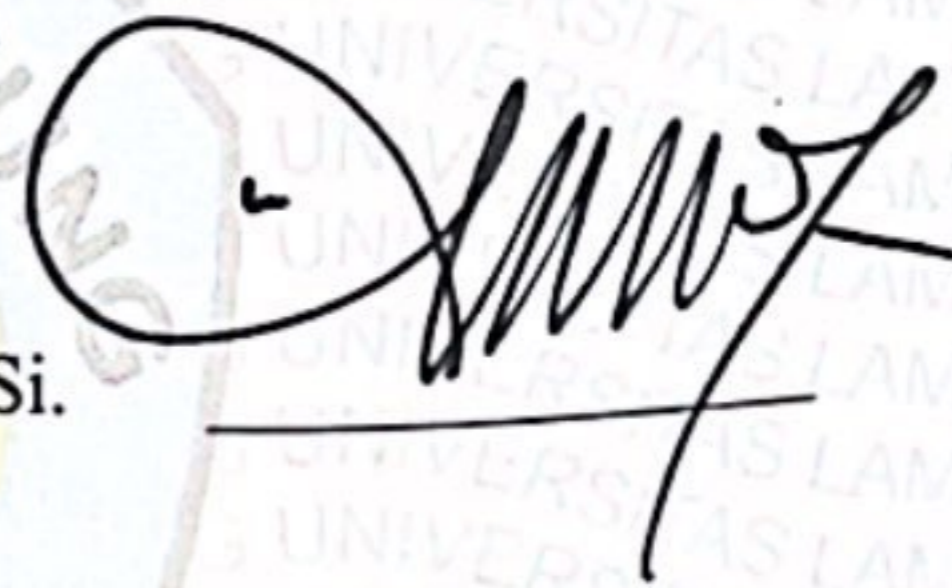
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

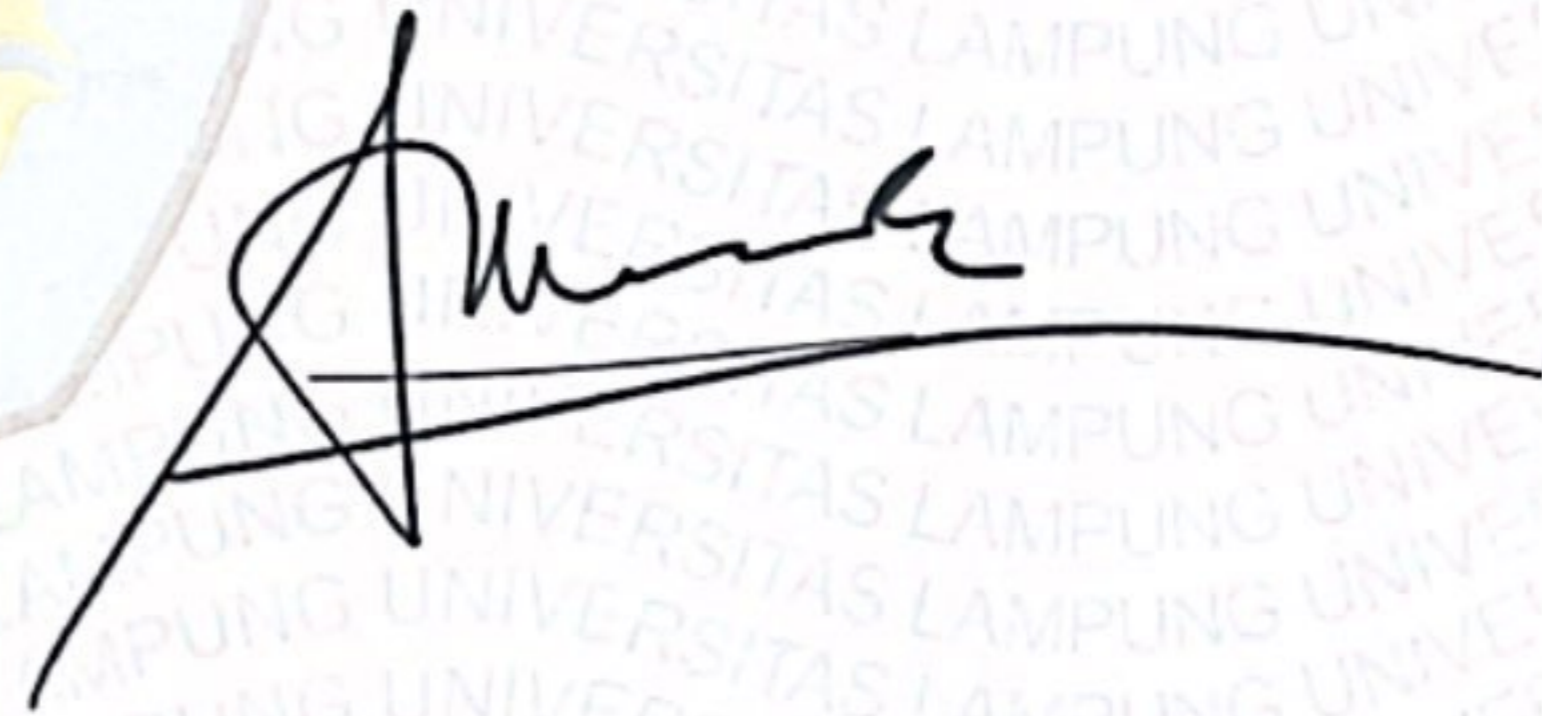
Ketua : Rochmah Agustrina Ph.D.



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



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



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Juni 2023

SURAT PENYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Annisa Zahwa Salsabila
NPM : 1917021057
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

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

“Karakter Biokimia Ekoenzim Dari Kulit Pisang Kepok Manado (*Musa Paradisiaca* var. *Formatypica*) Muda dan Daya Hambatnya Pada *Fusarium* sp. dan *Xanthomonas campestris*”

Baik data, gagasan, data, maupun pembahasannya adalah benar karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Skripsi ini saya susun dengan mengikuti pedoman dan norma akademik yang berlaku dan saya memastikan bahwa karya ini tidak berisi material yang telah dipublikasi sebelumnya atau plagiat dari karya orang lain.

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

Bandarlampung, 14 Juni 2023

Yang Menyatakan,



Annisa Zahwa Salsabila
NPM. 1917021057

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kalianda, Lampung Selatan, Lampung pada tanggal 01 Mei 2001, sebagai anak pertama dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Muslim dan Ibu Anita Setiawati.

Penulis menempuh Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 3 Wayurang pada tahun 2007-2013. Setelah itu, sekolah menengah pertama (SMP) ditempuh di SMPN 1 Kalianda, Lampung Selatan pada tahun 2013-2016, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) ditempuh di SMAN 1 Kalianda, Lampung Selatan pada tahun 2016-2019. Tahun 2019 penulis resmi terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Penulis menyelesaikan Pendidikan pada perguruan tinggi dan meraih gelar Sarjana Sains pada tahun 2023.

Selama menempuh Pendidikan sarjana, penulis pernah menjadi Anggota Bidang Komunikasi Informasi dan Hubungan Masyarakat Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) FMIPA Unila. Penulis juga pernah menjadi Asisten Botani Tingkat Rendah, Botani Tingkat Tinggi, Parasitologi Hewan, Zoologi Vertebrata,

Genetika, Mikrobiologi Umum dan Fisiologi Mikroba di Jurusan Biologi,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Pada awal tahun 2022 penulis menyelesaikan kerja praktik di *International Animal Rescue* (IAR) di Batuteги, Tanggamus, Lampung dengan Judul “Pola Aktivitas Kucing Emas (*Catopuma temminckii*) di Hutan Lindung Batuteги Berdasarkan Data Kamera Jebak”. Pada pertengahan tahun 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Wayhalom, Talang Padang, Tanggamus, Lampung serta pada akhir tahun 2022 penulis melakukan penelitian di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah
Kupersembahkan karya kecilku ini teruntuk orang-orang yang
Kusayangi :

Ayah dan Mamaku tercinta,
Terima kasih atas semua pengorbanan, doa, cinta dan kasih sayang yang kalian berikan mengantarku sampai kini. Terima kasih telah menjadi salah satu alasan terbesarku untuk menyelesaikan pendidikan ini. Semoga kedepannya dapat membanggakan ayah dan mama
Love you to infinity and beyond

Adik-adikku tersayang,
Dukungan, semangat dan kasih sayang darimu selalu membangkitkanku
Segenap keluarga besarku yang selalu memberikan motivasi dan mendukungku
Bapak dan Ibu dosen yang telah senantiasa mendidik dan memberi motivasi dalam perkuliahan, dunia kerja dan lain sebagainya
Sahabat-sahabat terindahku, teman seperjuanganku yang selalu memberikan semangat dan selalu ada saat suka maupun duka

Almamater tercinta

MOTTO

“Inna ma’al ‘usri yusro”

Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan

-Al-Insyirah : 6

Ketika ikhlas menerima kekecewaan hidup maka Allah akan membayar tuntas

Jangan engkau bersedih, sesungguhnya Allah bersama kita.

– QS. At Taubah 40

Sesungguhnya apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirmu, dan
apa yang ditakdirkan untukmu tidak akan pernah melewatkanmu

-Ali bin Abi Thalib

The flower that bloom in adversity is the most rare and beautiful of all

SANWACANA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bismillahirrahmaanirrahim Alhamdulillahirabbil 'Alamin, puji syukur saya haturkan kehadiran Allah *Subhanahu wa ta'ala* atas limpahan rahmat dan karunianya, serta ridho-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad *Shalallahu 'Alaihi Wasallam* dengan mengharap syafaatnya di yaumul akhir kelak.

Skripsi dengan judul **“Karakter Biokimia Ekoenzim Dari Kulit Pisang Kepok Manado (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*) Muda dan Daya Hambatnya pada *Fusarium* sp. dan *Xanthomonas campestris*”** adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Universitas Lampung. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat dan Karunia-Nya. Serta nabi Muhammad SAW atas teladan yang baik bagi umatnya.
2. Kedua orangtuaku tercinta Bapak Muslim, S.E. dan Ibu Anita Setiawati S.Farm. terima kasih telah menjadi orangtua yang sangat luar biasa, selalu mendo'akan penulis, dengan sabar mendidik penulis, memberikan cinta dan kasih sayang serta materi, selalu mendukung dan mengupayakan yang terbaik untuk anak-anaknya.
3. Teruntuk adik-adiku tersayang Nazwa Hanifa Qotrunnada, Nadya Izza Imtyas dan Naufal Hafidz Baskara tersayang yang selalu mendo'akan, memberikan semangat, kasih sayang, kesabaran serta motivasi kepada penulis.

4. Ibu Rochmah Agustina Ph.D. selaku dosen pembimbing 1 yang sangat baik hati dan dengan sabar memberikan arahan, bimbingan, nasihat serta banyak ilmu kepada penulis hingga terselesainya skripsi ini.
5. Bapak Achmad Arifiyanto, S.Si., M. Si selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan banyak ilmu, arahan, bimbingan, serta motivasi selama proses skripsi ini.
6. Bapak Prof. Dr. Sumardi, M. Si, selaku dosen pembahas yang telah memberikan banyak ilmu yang penulis dapatkan, penulis ucapkan terimakasih selama proses bimbingan arahan serta masukan dalam memperbaiki penyusunan skripsi ini menjadi lebih baik.
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
8. Bapak Dr. Jani Master, M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
9. Ibu Dr. Kusuma Handayani M.Si. selaku Ketua Prodi S1-Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
10. Ibu Elly Lestari Rustiati, M.Sc. selaku pembimbing akademik yang telah memberikan saran, dukungan, dan selalu senantiasa membimbing penulis dalam perkuliahan.
11. Ibu Oni selaku laboran lab. Mikrobiologi yang selalu memberikan motivasi, semangat serta rasa nyaman di lab, sehingga hari-hari di lab menjadi lebih berwarna.
12. Keluarga besar Miletoy 19 yang selalu menemani dalam suka dan duka, membantu, memberikan semangat dan berbagi ilmu kepada penulis selama proses penelitian berlangsung.
13. Kak Inah, kak Noni, kak Ulil, kak Kartika, mba Tria, Ayuni, dan Zikrina terimakasih banyak sudah membantu penulis dalam proses penelitian, kebersamai penulis di laboratorium tercinta, dan selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.
14. Keluarga besar lab. Mikrobiologi yang aku sayangi, dan selalu memberikan kebahagiaan.

15. Teruntuk Muhammad Puji Prawiroyudo tercinta yang telah memberikan kebaikan, semangat dan dukungan dengan tulus kepada penulis untuk berjuang menyelesaikan skripsi ini hingga tuntas.
16. Teruntuk Annida teman sekaligus sahabatku sedari SD sampai detik ini, terimakasih sudah mendengarkan keluh kesah penulis dan selalu memberi semangat sampai terselesainya skripsi ini.
17. My bestie Tamasya (Fara, Jihan, Asty, Syakila, Kezia, Nadia, Alma, Ainun) yang selalu memberikan kehangatan, semangat, dan dukungan kepada penulis hingga terselesainya perkuliahan dan mendapatkan gelar S.Si.
18. Teruntuk Erdia Squad (Fara, Syakila, Kezia) yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, tangisan penulis, dan selalu memberi pelukan hangat dan kebahagiaan kepada penulis selama menempun pendidikan tinggi.
19. Teruntuk sahabatku sedari maba Asty dan Jihan yang telah memberikan dukungan, semangat dan memberikan kebahagiaan kepada penulis.
20. Teruntuk keluarga besar yang telah memberikan support dan mendo'akan penulis.
21. Semua teman-teman satu Angkatan Biologi 2019 yang selalu memberi motivasi dalam perkuliahan dan sampai detik ini masih berjuang bersama-sama.
22. Yang terakhir kepada diriku, terima kasih banyak sudah berjuang sejauh ini, makasih udah percaya untuk dapat berhasil menyelesaikan Pendidikan S1 hingga selesai, makasih banyak untuk perjuangan yang dilakukan selama ini, sukses terus untuk kedepannya!

Akhir kata, penulis menyadari dalam menulis skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik, saran dan masukan yang membangun. Semoga skripsi ini berguna dan bermanfaat bagi orang lain yang membacanya.

BandarLampung, Juni 2023

Annisa Zahwa Salsabila

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Kerangka Pikir.....	3
1.4 Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pisang Kepok Manado (<i>Musa paradisiaca</i> var. <i>formatypica</i>)...	5
2.1.1 Deskripsi Pisang Kepok Manado (<i>Musa paradisiaca</i> var. <i>formatypica</i>).....	6
2.1.2 Kandungan Senyawa pada Kulit Pisang Kepok Manado	7
2.2 Ekoenzim	8
2.2.1 Fermentasi Ekoenzim	9
2.2.2 Aktivitas Senyawa Metabolit Sekunder.....	10
2.3 Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i>	14
2.4 Jamur <i>Fusarium</i> sp.	16
2.5 Bakteri <i>Bacillus</i> sp.....	17

III. METODE PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat.....	19
3.2 Bahan dan Alat	19
3.3 Rancangan Penelitian	21
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	23
3.5 Prosedur Penelitian	24
3.5.1 Pembuatan Ekoenzim	25
3.5.2 Peremajaan Mikroba	25
3.5.3 Uji Sifat kimia, Fitokimia, <i>In Vitro</i> Antibakteri dan Antijamur Ekoenzim.....	27
3.6 Analisis Data.....	39
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil.....	40
4.1.1 Sifat Kimia Ekoenzim.....	40
4.1.2 Sifat Biologi Ekoenzim.....	44
4.2 Pembahasan	50
4.2.1 Uji Sifat Kimia Ekoenzim.....	50
4.2.2 Uji Sifat Biologi Ekoenzim.....	59
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1 Simpulan.....	66
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Uji Perlakuan Daya Hambat Antibakteri dan Antijamur Ekoenzim..	21
2. Pengujian fitokimia menggunakan beberapa acuan referensi sebagai berikut	30
3. Penentuan konsentrasi larutan ekoenzim dibuat dengan campuran larutan ekoenzim (X) di dalam pelarut <i>aquadest</i> (Y).	36
4. Hasil pengukuran parameter kimia meliputi pH, TS dan TDS Ekoenzim.	40
5. Perolehan gugus fungsional dengan pengukuran metode <i>fourier-transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR) dari sejumlah referensi.	42
6. Hasil uji fitokimia ekoenzim yang berusia 3 bulan.....	43
7. Hasil pengujian dan pengukuran rata-rata diameter hambat ekoenzim terhadap bakteri Gram negatif <i>Xanthomonas campestris</i> ...	49
8. Hasil pengujian dan pengukuran rata-rata diameter hambat ekoenzim terhadap bakteri Gram positif <i>Bacillus</i> sp.	50
9. Hasil pengukuran TDS ekoenzim dari sejumlah referensi.....	53
10. Hasil uji <i>One Way Anova</i> pengaruh ekoenzim konsentrasi 25%, 50%, 75%, kontrol positif dan kontrol negatif terhadap pertumbuhan bakteri <i>Xanthomonas campestris</i>	84
11. Hasil uji perbandingan zona hambat Gram negatif <i>Xanthomonas campestris</i> menggunakan uji Tukey	84
12. Hasil uji <i>One Way Anova</i> pengaruh ekoenzim konsentrasi 25%, 50%, 75%, kontrol positif dan kontrol negatif terhadap pertumbuhan bakteri <i>Bacillus</i> sp.....	84
13. Hasil uji perbandingan zona hambat Gram positif <i>Bacillus</i> sp. menggunakan uji Tukey.....	85

14. Hasil uji <i>One Way Anova</i> pengaruh ekoenzim konsentrasi 25%, 50%, 75%, kontrol positif dan kontrol negatif terhadap pertumbuhan jamur <i>Fusarium</i> sp.	85
15. Hasil uji perbandingan zona hambat <i>Fusarium</i> sp. menggunakan uji Tukey	85
16. Perbandingan kandungan metabolit sekunder ekoenzim dan ekstrak kulit pisang kepok manado muda.....	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Buah Pisang Kepok Manado (<i>Musa paradisiaca</i> var. <i>formatypica</i>) muda (Dokumentasi pribadi).	5
2. Struktur kimia senyawa alkaloid (Sukardiman <i>et al.</i> , 2020).....	11
3. Struktur kimia senyawa flavonoid (Kumar, 2013).....	12
4. Struktur kimia senyawa Saponin Steroid dan Saponin Triterpenoid (Jayanegara <i>et al.</i> , 2019).	12
5. Struktur Terpenoid asam oleanoat 1, asam kueretaroat 2, asam seratagenat 3, asam ursolat 4, asam ikosahidropisenat 5, asam lupeol 6 (Patel <i>et al.</i> , 2014).	13
6. Struktur tanin dan turunannya (a) struktur gallotanin (tanin terhidrolisis); (b) struktur ellagitanin (tanin terhidrolisis); (c) struktur tanin kompleks (turunan tanin terkondensasi); (d) Struktur tanin terkondensasi (Delgoda & Murray, 2017).	14
7. Hasil pengecatan Gram bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> (Gram negatif) (a) perbesaran mikroskop 1000x; (b) zoom dengan ukuran 4,85 cm x 7,11 cm (Dokumentasi pribadi).....	15
8. Hasil pengecatan Gram bakteri <i>Bacillus</i> sp. (Gram positif) (a) perbesaran mikroskop 1000x; (b) zoom dengan ukuran 5,56 cm x 7,16 cm (Dokumentasi pribadi).	17
9. Diagram Alir Uji Karakter Biokimia Ekoenzim dari Kulit Pisang Kepok Manado (<i>Musa paradisiaca</i> var. <i>formatypica</i>) Muda dan Daya Hambatnya pada Bakteri <i>Xanthomonas campestris.</i> , <i>Bacillus</i> sp. dan Jamur <i>Fusarium</i> sp.	23
10. Tahapan pengujian sifat biologi dan kimia ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado muda.....	24

11. Perbandingan Larutan (a) akuades; (b) ekstrak kulit pisang kepok manado muda; (c) ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado muda usia 3 bulan (sekitar 96 hari); (d) ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado muda usia 14 hari (Dokumentasi pribadi).....	25
12. Alat ukur pH Meter (Dokumentasi Pribadi).	27
13. Alat ukur TDS Meter (Dokumentasi Pribadi).....	29
14. Alat <i>Fourier-transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR) (Suwarno <i>et al.</i> , 2020).	29
15. Ilustrasi perhitungan diameter zona hambat bakteri (Andries <i>et al.</i> , 2014).	38
16. Spektrum <i>Infra Red</i> larutan ekoenzim berusia 3 bulan yang dianalisis menggunakan <i>Fourier-transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	41
17. Pertumbuhkan mikroba yang mampu melarutkan fosfat pada media Pikovskaya agar (MPA). (a) MPA yang belum digunakan untuk inkubasi mikroba; (b) hasil inokulasi mikroba yang dilakukan inkubasi mikroba selama 24 jam; (c) 48 jam; dan (d) 72 jam.....	44
18. Hasil deteksi keberadaan siderofor pada cakram yang ditetaskan ekoenzim. (a) Media (SD-CASA) yang tidak diberi cakram yang telah ditetaskan ekoenzim; (b) cakram yang telah ditetaskan ekoenzim dengan konsentrasi 25%; (c) 50%; dan (d) 75%. Gambar simbol (a,b,c,d) zoom dengan ukuran 3,33 cm x 2,59 cm.	45
19. Hasil deteksi mikroba penghasil hormone IAA dalam ekoenzim dengan konsentrasi berbeda. (a) Larutan ekoenzim tanpa diberi pendeteksi keberadaan IAA dan (b) ekoenzim setelah ditetaskan pendeteksi IAA.	46
20. Hasil uji daya hambat ekoenzim terhadap (a) bakteri Gram negatif (<i>Xanthomonas campestris</i>); (b) Gram positif (<i>Bacillus sp.</i>); dan (c) jamur (<i>Fusarium sp.</i>) pada konsentrasi larutan yang berbeda.	47
21. Rata-rata diameter hambat ekoenzim terhadap bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> pada konsentrasi berbeda.....	48
22. Rata-rata diameter hambat ekoenzim terhadap bakteri <i>Bacillus sp.</i> pada konsentrasi berbeda.	49
23. Uji hambat ekoenzim terhadap jamur <i>Fusarium sp.</i> (a) ulangan 1; (b) ulangan 2; (c) ulangan 3; (d) ulangan 4	86

24. Kontrol negatif (akuades) dan positif (ketokanazol) terhadap pertumbuhan <i>Fusarium</i> sp. (a) ulangan 1; (b) ulangan 2; (c) ulangan 3; (d) ulangan 4	86
25. Uji hambat ekoenzim terhadap pertumbuhan bakteri <i>Xanthomonas campestris</i> . (a) ulangan 1; (b) ulangan 2; (c) ulangan 3; (d) ulangan 4.....	86
26. Kontrol negatif (akuades) dan positif (kloramfenikol) terhadap pertumbuhan <i>Xanthomonas campestris</i> . (a) ulangan 1; (b) ulangan 2; (c) ulangan 3; (d) ulangan 4.	87
27. Uji hambat ekoenzim terhadap pertumbuhan bakteri <i>Bacillus</i> sp. (a) ulangan 1; (b) ulangan 2; (c) ulangan 3; (d) ulangan 4.	87
28. Kontrol negatif (akuades) dan positif (kloramfenikol) terhadap pertumbuhan <i>Bacillus</i> sp. (a) ulangan 1; (b) ulangan 2; (c) ulangan 3; (d) ulangan 4.	87
29. <i>McFarland</i> 0,5 dan suspensi Bakteri <i>Xanthomonas campestris</i>	88
30. <i>McFarland</i> 0,5 dan suspensi bakteri <i>Bacillus</i> sp.	88
31. Pengujian TDS Ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado muda	88
32. Uji pH ekoenzim.	88
33. Uji TDS dan suhu ekoenzim. (a) uji TDS; (b) suhu ekoenzim.	88
34. Uji TDS ekoenzim konsentrasi 25%, 50% dan 75%.	89
35. Perendaman kertas cakram untuk uji hambat ekoenzim.	89
36. Pertumbuhan bakteri ekoenzim yang ditumbuhkan pada media MRSA.	89
37. Penguapan ekoenzim pada <i>waterbath</i> untuk dilakukan uji TS.	89
38. Hasil reaksi reagen <i>Swalkovski</i> terhadap mikroba ekoenzim diperoleh hasil positif.....	89
39. Ekoenzim disaring menggunakan milipore 0,45 μ m. Diameter 47 mm	90
40. Penimbangan ekoenzim untuk dilakukan uji TS.....	90
41. Mikroba pelarut fosfat pada media Pikovskaya agar.	90

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan <i>total solid</i> (TS).....	82
2. Perhitungan konsentrasi L-tryptofan sebagai prekursor pengujian IAA 200 ppm dalam 125 mL TSB	83
3. Uji ANOVA daya hambat ekoenzim terhadap bakteri <i>Xanthomonas campestris</i>	84
4. Uji ANOVA daya hambat ekoenzim terhadap bakteri <i>Bacillus</i> sp. ...	84
5. Uji ANOVA daya hambat ekoenzim terhadap jamur <i>Fusarium</i> sp....	85
6. Dokumentasi bioaktivitas ekoenzim terhadap bakteri Gram positif, Gram negatif dan jamur	86
7. Dokumentasi proses pengujian sifat biologi dan kimia ekoenzim	88

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Ekoenzim merupakan larutan hasil fermentasi dari bahan-bahan alami, seperti protein tumbuhan, hormon, dan mineral. Setiap jenis enzim memiliki fungsi penting dalam proses metabolisme. Secara sederhana produk ekoenzim dapat dibuat pada skala rumah tangga dengan memanfaatkan limbah organik. Senyawa aktif ekoenzim memiliki potensi sebagai antimikroba pada bakteri dan jamur, berguna untuk menyuburkan tanah, meningkatkan kualitas rasa buah dan sayur serta menghilangkan hama (Larasati *et al.*, 2020).

Proses pembuatan ekoenzim dilakukan dengan memfermentasi bahan-bahan sederhana seperti gula, limbah organik dan air selama tiga bulan dengan komposisi (1 : 3 : 10) dalam kondisi anaerob fakultatif dengan bantuan organisme hidup. Limbah organik yang digunakan dalam proses pembuatan ekoenzim berupa limbah yang berasal dari sayur dan buah. Salah satu limbah yang dapat dijadikan bahan pembuatan ekoenzim yaitu kulit pisang. Berdasarkan hasil uji fitokimia diketahui bahwa kulit pisang kepok mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, tanin, saponin dan terpenoid (Lumowa *et al.*, 2018). Menurut Rochyani *et al.* (2020) Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa ekoenzim dari limbah kulit pisang secara nyata mempengaruhi pertumbuhan tanaman karena mengandung sejumlah unsur hara seperti kalium (15%), fosfor (2%), dan nitrogen (0,07%) sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik dan mendukung pertumbuhan tanaman (Azhar *et al.*, 2021).

Limbah organik memiliki dampak yang berbahaya bagi lingkungan, seperti mencemari lingkungan bahkan apabila dibiarkan dalam waktu yang lama dapat menciptakan gas metana yang dapat mencemari lapisan ozon bumi. Kulit pisang menyumbang sebanyak 40% dari total produksi buah pisang, tingginya produksi pisang akan berdampak pada jumlah limbah organik. Pada tahun 2020 terdapat sebesar 40,66% limbah organik dari total timbunan sampah di Indonesia 28.235.760.72 ton/tahun (Pangemanan *et al.*, 2022).

Berdasarkan komposisi kandungan fitokimia terdapat perbedaan antara kulit pisang kepok muda dan kepok masak. Kandungan tanin pada kulit pisang kepok lebih banyak terdapat pada kulit buah pisang yang masih muda dibandingkan kulit buah yang telah masak. Hal ini karena terjadinya peningkatan etanol hingga 70 kali lipat pada proses pematangan pisang menyebabkan turunnya kandungan tanin. Senyawa tanin mampu membunuh bakteri karena mempunyai daya antibakteri (Saraswati, 2015). Secara fisiologis dan biologis terdapat perbedaan antara pisang kepok masak dan muda, dalam keadaan masak terjadi proses klimakterik yang menyebabkan peningkatan produksi gas etilen, keadaan ini menyebabkan perbedaan kadar senyawa metabolit yang terdapat dalam kulit pisang kepok. Pisang kepok masak akan teroksidasi oleh enzim fenoloksidase sehingga menghasilkan pigmen melanin pada kulit pisang kepok (kuning dengan bercak kecoklatan (Nurmin *et al.*, 2018).

Layu pada tanaman pisang diakibatkan *Fusarium* sp. dan *Xanthomonas campestris*. *Fusarium* sp. merupakan pathogen yang menjadi penyebab layu dan banyak mematikan tanaman pisang (Ploetz, 2015). Berdasarkan penelitian Wardhana *et al.* (2021) *Fusarium* sp. bersifat pathogen dan menyebabkan penyakit layu pada bibit pisang. Gejala yang ditimbulkan berupa penguningan pada bagian daun dan nekrosis berwarna coklat pada bagian bongolnya. Bakteri *Xanthomonas campestris* mampu menginfeksi tanaman pisang sehingga menyebabkan daun tanaman menguning dan layu lebih cepat, menghitamnya tunas, pematangan buah tidak merata, dan

pembusukan tandan (Mujoko, 2017). Kedua pathogen tersebut memberikan dampak kerugian pada produksi pisang (Dita *et al.*, 2018). Dengan kandungan senyawa metabolit sekunder yang potensial dalam menangkal sebagian besar pathogen penyebab penyakit tanaman menjadikan pemanfaatan ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok sangat bermanfaat bagi tanaman.

Berdasarkan latar belakang di atas maka dalam penelitian ini diajukan gagasan tentang karakter biokimia ekoenzim dari kulit pisang kepok manado (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*) muda dan daya hambatnya pada *Fusarium* sp. dan bakteri *Xanthomonas campestris*.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. mengetahui karakter biokimia ekoenzim dari limbah kulit pisang kepok manado (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*) muda.
2. mengetahui kemampuan hambat ekoenzim berbahan dasar limbah kulit pisang kepok manado (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*) muda terhadap *Fusarium* sp. dan *Xanthomonas campestris* secara *in vitro*.

1.3 Kerangka Pikir

Masyarakat umumnya belum banyak mengetahui bahwa limbah organik kulit pisang masih dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, salah satunya dengan dijadikan bahan organik untuk membuat ekoenzim.

Berdasarkan hasil uji fitokimia diketahui bahwa pisang kepok mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, dan terpenoid yang bermanfaat sebagai antimikroba serta baik dalam menunjang pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

Ekoenzim diketahui memiliki aktivitas antimikroba pada pathogen besar bakteri dan fungisida pada jamur karena mengandung senyawa aktif

seperti asam asetat, asam laktat serta senyawa metabolit sekunder yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba, selain itu ekoenzim juga mampu mempengaruhi pertumbuhan tanaman karena mengandung sejumlah mineral hara N, P, dan K serta mengandung sejumlah bakteri yang berpotensi sebagai perombak bahan organik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik (Susilowati *et al.*, 2021). Kandungan-kandungan yang dimiliki kulit pisang menjadikan pembuatan ekoenzim yang diolah dari limbah kulit pisang mampu memberikan dampak positif bagi lingkungan dengan mengurangi limbah dan memanfaatkan kandungan zat aktif sebagai antimikroba dan membantu dalam pertumbuhan tanaman.

Untuk itu diajukan gagasan yang bertujuan untuk mengetahui karakter biokimia ekoenzim berbahan dasar limbah kulit pisang dan daya hambatnya pada *Fusarium* sp. dan *Xanthomonas campestris* sebagai antimikroba bagi tumbuhan.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. ekoenzim berbahan dasar limbah kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*) muda memiliki karakter biokimia tertentu yang mendukung aktivitas *antipathogen*.
2. ekoenzim berbahan dasar limbah kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*) muda memiliki aktivitas daya hambat yang dapat menurunkan pathogen *Fusarium* sp. dan *Xanthomonas campestris* secara *in vitro*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pisang Kepok Manado (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*)

Pisang merupakan salah satu tumbuhan yang banyak digemari masyarakat dan tumbuh melimpah di Indonesia. Pisang memiliki banyak manfaat, akar, batang, bunga, buah bahkan kulitnya dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan (Wardhany, 2014). Pisang termasuk tanaman yang banyak dibudidayakan di Indonesia, umumnya pisang mampu tumbuh di daerah tropis maupun subtropis. Indonesia merupakan negara yang menduduki peringkat ketiga sebagai penghasil pisang terbesar di dunia dengan total produksi pada tahun 2019 sebesar 7.280.659 ton. Produksi pisang di Provinsi Lampung tahun 2016 mencapai 1.517.004 ton dan 1.462.423 ton pada tahun 2017 (Syahrizal *et al.*, 2022). Menurut Radiena (2016) pisang muda merupakan pisang yang memiliki usia sekitar 80 hari, pisang dengan usia 80 hari masih berwarna hijau, terdapat getah yang banyak dan memiliki kandungan tanin yang berlimpah.



Gambar 1. Buah Pisang Kepok Manado (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*) muda (Dokumentasi pribadi).

2.1.1 Deskripsi Pisang Kepok Manado (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*)

Berdasarkan klasifikasi taksonomi pisang kepok termasuk dalam famili Musaceae yang berasal dari India Selatan. Kedudukan taksonomi, tanaman pisang kepok adalah sebagai berikut (Satya, 2013) :

Kingdom : Plantae
Division : Magnoliophyta
Class : Liliopsida
Order : Zingiberales
Family : Musaceae
Genus : *Musa*
Species : *Musa paradisiaca* var. *formatypica*.

Tanaman pisang kapok manado termasuk ke dalam golongan herba. Batang pisang kapok adalah batang semu, yang sebenarnya merupakan tumpukan pelepah daun yang tersusun secara rapat dan teratur. Percabangannya bertipe simpodial dengan meristem ujung memanjang dan membentuk bunga lalu buah yang umumnya tidak berbiji (partenokarpi). Bila berbiji, biji pisang kecil, bulat dan berwarna hitam. Puncak lateral (*sucker*) muncul dari kuncup pada bonggol yang selanjutnya tumbuh menjadi tanaman pisang baru (Saparinto & Susiana, 2016).

Daun pisang letaknya tersebar. Bakal daun terdapat di bagian tengah tanaman, saat muncul dalam keadaan menggulung kemudian akan tumbuh memanjang dan membuka yang secara progresif. Helaian daun berbentuk lanset memanjang, yang panjangnya antara 1,5 - 3 m dan lebar 30-70 cm, permukaan bawah daun berlilin. Tulang tengah penopang dan penopangnya terlihat jelas, percabangan tulang tersusun sejajar dan meyirip, daun yang paling muda terbentuk di bagian tengah tanaman, menggulung dan terus tumbuh memanjang (Permana *et al.*, 2019).

Bunga pisang merupakan bunga majemuk, setiap kuncup bunga dibungkus oleh seludang berwarna merah kecoklatan. Bunga betina akan berkembang

dengan normal, sedangkan bunga jantan yang berada di ujung tandan tidak berkembang dan tetap tertutup oleh selundang yang disebut sebagai jantung pisang. setiap kelompok bunga pada pisang disebut sisir, yang tersusun dalam tandan. Jumlah sisir antara 5-15 sisir pertandan. Buah pisang merupakan buah buni, berbentuk bulat memanjang dan membengkok, tersusun seperti sisir dua baris, dengan kulit yang berwarna hijau, kuning dan coklat (Anwar *et al.*, 2021).

Pisang kapok manado (*Musa paradisiaca* var. *formatypia*) merupakan jenis pisang olahan, umumnya dikonsumsi setelah diolah, sangat cocok untuk dijadikan buah dalam sirup, keripik, aneka olahan tradisional, serta tepung. Kulit pisang kepok memiliki warna kuning kehijauan, kadang terdapat bintik coklat, serta memiliki kulit yang sangat tebal dan juga dagingnya berasa manis.

2.1.2 Kandungan Senyawa pada Kulit Pisang Kepok Manado

Kulit pisang merupakan limbah organik yang menyumbang berat sebesar 40% dari total produksi buah pisang. Pemanfaatan kulit pisang selain dapat mengurangi limbah organik bagi lingkungan akan dapat meningkatkan nilai ekonomi dengan memanfaatkan kandungan yang dimiliki kulit pisang. Kulit pisang kepok mengandung berbagai bahan organik seperti : vitamin C, vitamin B, kalsium, protein, selulosa, hemiselulosa, pigmen klorofil, lemak, arabinosa, galaktosa, rhamnosa, dan asam galacturonic (Budiman, 2018). Hasil skrining uji fitokimia pada kulit pisang kepok diketahui mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, tanin, saponin dan terpenoid (Lumowa *et al.*, 2018). Sumber lain menyatakan bahwa pisang kepok mengandung saponin, flavonoid dan tanin (Ulfa *et al.*, 2020) serta alkaloid (Hasma *et al.*, 2019).

Flavonoid, alkaloid, tanin, saponin dan terpenoid adalah senyawa metabolit sekunder yang memiliki berbagai aktivitas diantaranya dapat

menghambat pertumbuhan mikroba seperti jamur dan bakteri (Egra *et al.*, 2019). Senyawa tanin mampu menghambat sintesis kitin di dinding sel (Saraswati, 2015). Saponin dan alkaloid mempengaruhi membran sel, sedangkan flavonoid menyebabkan terjadinya kerusakan permeabilitas dinding sel bakteri (Dinastutie *et al.*, 2015).

Christy *et al.* (2017) mengemukakan bahwa limbah kulit pisang juga mengandung unsur makro hara seperti nitrogen, fosfor, dan potasium dan unsur hara mikro yaitu kalsium, magnesium, besi yang berfungsi sebagai pupuk tanaman.

2.2 Ekoenzim

Limbah organik berpengaruh terhadap lingkungan yang memungkinkan terjadinya pencemaran seperti penurunan kualitas air, mengurangi kualitas tanah, meningkatnya degradasi kebersihan lingkungan karena mengeluarkan gas metan yang menyebabkan *global warming*, gas ini memiliki daya rusak 23 kali lebih kuat dari karbon (Puger, 2018). Limbah organik yang didegradasi oleh mikroorganisme akan menimbulkan bau yang tidak sedap (busuk). Limbah organik yang mengandung protein akan menghasilkan bau yang lebih busuk karena protein yang mengandung gugus amin akan terurai menjadi gas ammonia (Kahfi, 2017).

Untuk mengatasi bahaya yang ditimbulkan dari limbah organik, dilakukan pengelolaan limbah seperti menjadikan limbah sebagai pupuk dan kompos dengan tujuan menjadikan limbah organik yang sebelumnya berbahaya bagi lingkungan memiliki nilai ekonomi yang dapat bermanfaat dan mengurangi resiko tercemarnya lingkungan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi limbah organik adalah dengan mengubahnya menjadi ekoenzim (Septiani *et al.*, 2021).

Pembuatan ekoenzim memberikan dampak yang luas bagi lingkungan secara global maupun ditinjau dari segi ekonomi. Ditinjau berdasarkan manfaat untuk lingkungan, selama proses fermentasi ekoenzim berlangsung, terbentuk gas O_3 yang dikenal dengan gas ozon yang bermanfaat dalam mengurangi karbon dioksida di udara (Jelita *et al.*, 2022). Sebagaimana diketahui bahwa kandungan pada ekoenzim berupa asam asetat (CH_3COOH), yang bermanfaat dalam membunuh bakteri, virus dan kuman. Sedangkan enzim yang terbentuk pada ekoenzim berupa lipase, tripsin, amilase, dan protease yang dapat mencegah bahkan membunuh bakteri pathogen udara (Jelita *et al.*, 2022). Selain itu dihasilkan NO_3 (Nitrat) dan CO_3 (Karbon trioksida) yang dapat bermanfaat sebagai nutrient bagi tanah.

2.2.1 Fermentasi Ekoenzim

Ekoenzim dikenal sebagai enzim ramah lingkungan, ditemukan sekitar 30 tahun yang lalu oleh Dr. Rosuko Poompan vong yang berasal dari Thailand. Ekoenzim merupakan suatu istilah dalam penyebutan larutan kompleks hasil dari proses fermentasi limbah dapur berupa kulit buah-buahan dan sayur-sayuran (Santen *et al.*, 2019). Menurut Nazim & Meera (2013) ekoenzim merupakan suatu cairan yang diperoleh dari hasil fermentasi bahan-bahan sederhana seperti gula, limbah atau sampah organik, dan air selama tiga bulan dengan komposisi 1 : 3 : 10 (900 g kulit pisang : 300 mL molase : 3000 mL air). Selama proses fermentasi, ekoenzim akan menghasilkan ozon dan oksigen yang setara dengan dihasilkan oleh 10 pohon.

Kulit buah-buahan atau ampas buah yang diolah menjadi ekoenzim banyak mengandung senyawa metabolit sekunder anatara lain enzim enzim lipase, amylase, dan tripsin), senyawa fenol, serta asam organik hasil aktivitas mikroba yang terdapat pada kulit buah. Mikroba dapat berupa bakteri maupun cendawan (Rochyani *et al.*, 2020). Senyawa metabolit sekunder

yang terdapat dalam ekoenzim dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam keperluan, seperti bahan pembersih keperluan rumah tangga: shampoo; sabun; perawatan tubuh serta wajah juga sebagai pengusir hama tanaman; pupuk tanaman, bahkan dapat juga dimanfaatkan sebagai disinfektan yang bermanfaat dan ramah lingkungan (Yanti & Chandra, 2020). Ekoenzim dapat dimanfaatkan untuk memurnikan air sungai yang terkontaminasi, sebagai antiseptik dan penyembuhan tanaman (Bernadin *et al.*, 2017; Megah *et al.*, 2018). Sebagai disinfektan ekoenzim dapat dimanfaatkan untuk pembersih udara dan menghilangkan bau juga partikel beracun yang ada di udara (Maula *et al.*, 2020).

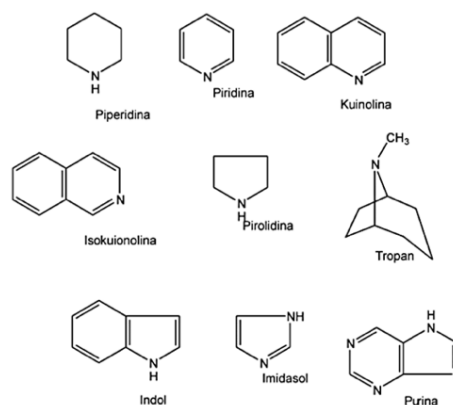
Pembuatan ekoenzim sebagai salah satu cara memanfaatkan limbah organik memiliki kelebihan antara lain tidak memerlukan lahan yang luas dan wadah khusus. Selain itu, enzim pada sampah memiliki kekuatan yang sangat tinggi untuk menghambat pertumbuhan atau meniadakan patogen karena enzim ekstraseluler mikroba limbah organik menguraikan limbah organik selama proses fermentasi yang hasil dekomposisi menjadi bagian dari ekoenzim (Larasati *et al.*, 2020).

2.2.2 Aktivitas Senyawa Metabolit Sekunder

Senyawa metabolit sekunder dapat dihasilkan dari tanaman dan memiliki aktivitas sebagai antimikroba untuk menekan pertumbuhan bakteri patogen. Jaringan tanaman terdapat setidaknya satu species mikroba endofit yang mampu menghasilkan senyawa metabolit sekunder dan memiliki karakteristik senyawa metabolit yang sama dengan tanaman inangnya (Kartikasari *et al.*, 2021). Beberapa senyawa metabolit sekunder yang dapat dihasilkan oleh tanaman dan mikroba yaitu alkaloid, flavonoid, tanin, terpenoid dan saponin.

Alkaloid

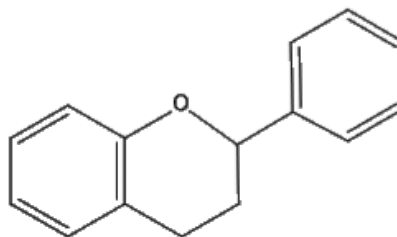
Senyawa alkaloid adalah senyawa metabolit sekunder yang memiliki satu atau lebih unsur nitrogen dengan sifat basa. Senyawa alkaloid dapat ditemukan pada bagian tanaman seperti: akar, batang, daun, dan biji (Retno *et al.*, 2016). Menurut Rohyani *et al.* (2015) alkaloid memiliki rasa pahit dan asam serta memiliki bentuk yang menyerupai kristal yang halus. Alkaloid berfungsi sebagai pelindung tanaman dari penyakit, pengatur perkembangan, serta sebagai basa mineral yang berfungsi untuk mengatur keseimbangan ion pada bagian bagian tanaman. Senyawa aktif pada alkaloid meskipun bersifat toksin bagi manusia akan tetapi dapat dimanfaatkan sebagai obat sehingga banyak digunakan secara luas dalam bidang pengobatan.



Gambar 2. Struktur kimia senyawa alkaloid (Sukardiman *et al.*, 2020).

Flavonoid

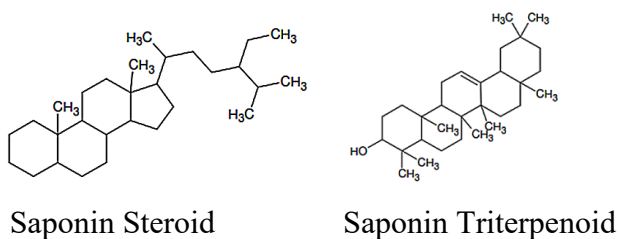
Flavonoid termasuk ke dalam kelompok senyawa fenolik, rumus molekul C₆-C₂-C₆. Senyawa ini banyak ditemui pada jaringan tanaman dan dapat berfungsi sebagai antioksidan. Flavonoid bersifat sitotoksik dapat berinteraksi dengan berbagai jenis enzim yang berbeda dengan cara membentuk suatu senyawa kompleks. Flavonoid dapat berfungsi sebagai antibiotik yang mengganggu fungsi mikroorganismenya seperti bakteri dengan menghambat sintesis asam nukleat (Basir *et al.*, 2023).



Gambar 3. Struktur kimia senyawa flavonoid (Kumar, 2013).

Saponin

Sebagai senyawa metabolit sekunder, saponin termasuk ke dalam kelompok glikosida triterpenoid atau steroid aglikon. Senyawa ini terdiri atas satu atau lebih gugus gula yang berikatan dengan aglikon dan sapogenini. Senyawa saponin dapat membentuk kristal dengan bentuk yang tidak beraturan (*amorf*). Ciri lain dari saponin yaitu berwarna kuning, berbau menyengat, dan tidak memiliki rasa yang ekstrim (sangat pahit dan sangat manis). Saponin sangat mudah menguap serta mudah larut dalam air panas maupun dingin. Saponin dapat membentuk busa koloidal di dalam air dan memiliki sifat deterjen yang larut dalam alkohol (Illing, 2017). Saponin dikelompokkan berdasarkan sifat kimianya yaitu saponin steroid dan saponin triterpenoid (Gambar 3).

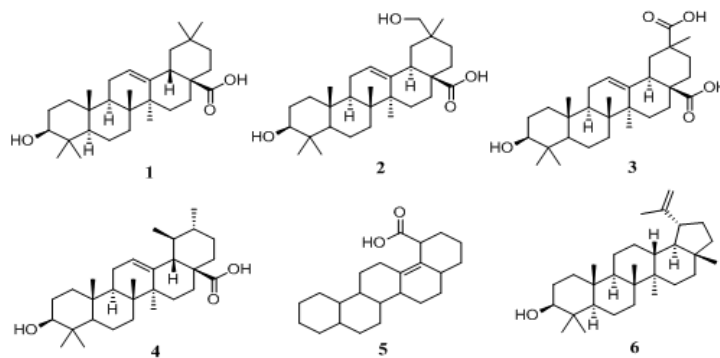


Gambar 4. Struktur kimia senyawa Saponin Steroid dan Saponin Triterpenoid (Jayanegara *et al.*, 2019).

Terpenoid

Senyawa terpenoid merupakan senyawa organik hidrokarbon yang dihasilkan oleh berbagai jenis tumbuhan. Senyawa ini pada umumnya menghasilkan bau yang kuat dan mampu melindungi tumbuhan dari hama

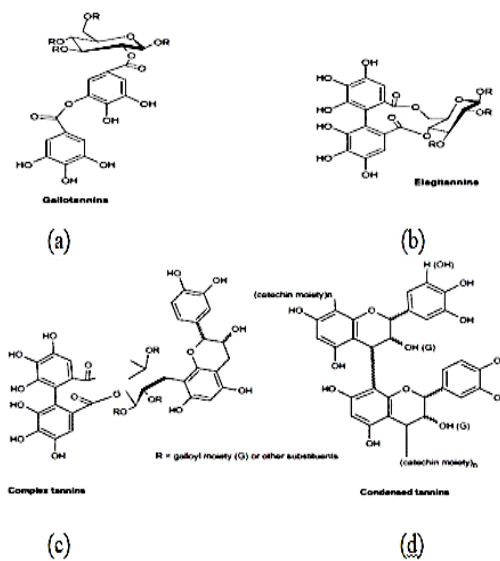
dan predator. Sebagian besar terpenoid tidak berwarna dan memiliki berat jenis lebih ringan daripada air. Terpenoid merupakan komponen utama dalam minyak atsiri dari beberapa jenis tumbuhan dan bunga (Juniarti, 2016).



Gambar 5. Struktur Terpenoid asam oleanoat 1, asam kueretaroat 2, asam seratagenat 3, asam ursolat 4, asam ikosahidropisenat 5, asam lupeol 6 (Patel *et al.*, 2014).

Tanin

Senyawa tanin merupakan jenis senyawa fenolik yang memberikan rasa pahit. Senyawa tanin dapat bereaksi dan mengumpulkan protein atau senyawa yang mengandung asam amino dan alkaloid. Tanin banyak ditemukan pada banyak jenis tumbuhan dan mampu melindungi tumbuhan dari hama. Tanin mampu menghambat pertumbuhan bakteri dengan menginaktivasi enzim-enzim esensial, merusak membrane sel, dan dekonstruksi fungsi material serta menghambat enzim reverse transcriptase dan DNA topoisomerase sehingga sel bakteri tidak dapat terbentuk (Nurdianti *et al.*, 2022).



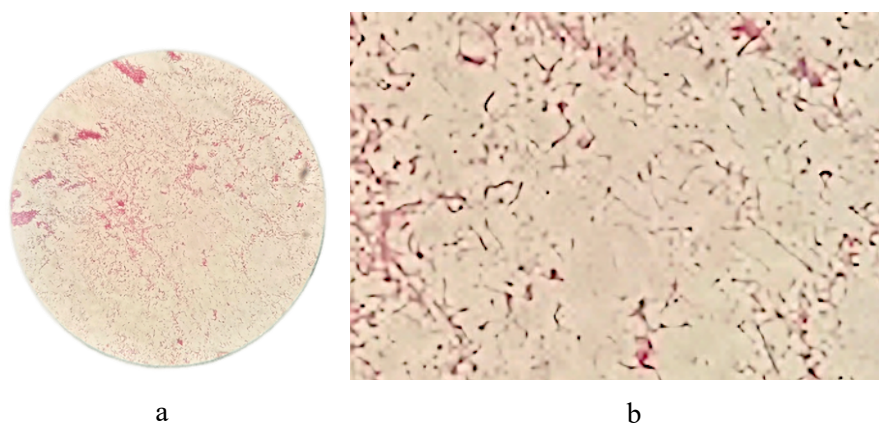
Gambar 6. Struktur tanin dan turunannya (a) struktur gallotanin (tanin terhidrolisis); (b) struktur ellagitanin (tanin terhidrolisis); (c) struktur tanin kompleks (turunan tanin terkondensasi); (d) Struktur tanin terkondensasi (Delgoda & Murray, 2017).

2.3 Bakteri *Xanthomonas campestris*

Xanthomonas campestris merupakan bakteri gram negative dengan bentuk ciri sel batang pendek dengan kedua ujung membulat. *Xanthomonas campestris* dapat bergerak dengan 1 flagel dan tidak membentuk spora. Ciri khas *Xanthomonas campestris* memiliki koloni yang berlendir dan menghasilkan pigmen berwarna kuning yang disebut pigmen Xanthomonadin (Lestari *et al.*, 2017).

Genus bakteri pada umumnya bersifat pathogen menyebabkan penyakit hawar daun (HBD) penyebarannya luas mulai dari daerah tropis maupun sub-tropis. Penyakit HDB menyerang tanaman baik pada dataran tinggi maupun dataran rendah, namun yang paling rentan terserang penyakit HBD yaitu tanaman di dataran rendah (Mujoko, 2017). Menurut Lestari *et al.* (2017), Penyakit HBD di Indonesia menyebabkan kerugian yang cukup tinggi hingga mencapai 70-80%. Penyebaran penyakit yang disebabkan oleh *Xanthomonas campestris* dipengaruhi oleh faktor patogen, lingkungan, dan inang (Mujoko, 2017).

Pada tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) *Xanthomonas campestris* tanaman menyerang melalui bagian terbuka pada daun seperti luka pada daun maupun stomata. Bakteri ini dapat menyerang tumbuhan mulai dari fase persemaian sampai tumbuhan menjelang dipanen. Infeksi *Xanthomonas campestris* menyebabkan rusaknya klorofil sehingga mengakibatkan kemampuan fotosintesis tanaman menjadi menurun (Puspitasari *et al.*, 2014). Gejala tumbuhan yang terinfeksi bakteri ini menunjukkan gejala bagian tepi daun menguning dan berombak serta ditemukannya eksudat bakteri berwarna putih susu atau berupa tetes embun pada daun di pagi hari. Pada stadia perkembangan penyakit lebih lanjut, warna kuning pada luka daun berubah menjadi memutih, sedangkan pada daun yang terinfeksi parah, warna daun cenderung menjadi abu-abu disertai munculnya jamur saprofit Lestari *et al.* (2017).



Gambar 7. Hasil pengecatan Gram bakteri *Xanthomonas campestris* (Gram negatif) (a) perbesaran mikroskop 1000x; (b) zoom dengan ukuran 4,85 cm x 7,11 cm (Dokumentasi pribadi).

Berdasarkan klasifikasi taksonomi, menurut (Centre for Agriculture and Bioscience Internasional, 2017) klasifikasi dari bakteri *Xanthomonas campestris* adalah sebagai berikut :

Kingdom : Procaryote
Phylum : Gracilicutes
Class : Proteobacteria
Order : Pseudomonadales

Family : Pseudomonadaceae
Genus : *Xanthomonas*
Species : *Xanthomonas campestris*

2.4 Jamur *Fusarium* sp.

Menurut Dita *et al.* (2018) *Fusarium* sp. adalah jamur pathogen berfilamen yang memiliki jangkauan inang sangat luas. Proses infeksi, pathogen ini tergolong sangat cepat, dan menyebar penularan penyakit ke tanaman lain berlangsung dengan cara menginfeksi akar tanaman melalui tabung kecambah atau miselium. Penyebaran penyakit ini dipengaruhi oleh pH maupun suhu lingkungan yang kurang menguntungkan bagi tanaman inang.

Jamur *Fusarium* sp. menyebabkan penyakit layu tanaman. Tanaman yang terinfeksi *Fusarium* sp. menunjukkan gejala menguning atau nekrosis pada jaringan tanaman kemudian diikuti kelayuan daun yang disebabkan invasi pathogen pada jaringan vascular tanaman yang berakhir dengan kematian tanaman (Matheron., 2015). Cendawan *Fusarium* sp. dapat menginfeksi seluruh bagian tanaman mulai dari akar, batang, daun dan buah. Infeksi pathogen ini dapat mengakibatkan kematian mencapai 50-100% (Khalid *et al.*, 2015). Infeksi pathogen *Fusarium* sp. pada tanaman mampu mengakibatkan terhambatnya penyerapan dan penyebaran air ke seluruh bagian tanaman, hingga menyebabkan kondisi kekurangan air pada tanaman (Agustrina *et al.*, 2020).

Berdasarkan klasifikasi taksonomi, menurut Ya'nur (2017) sistem taksonomi jamur *Fusarium* sp. dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

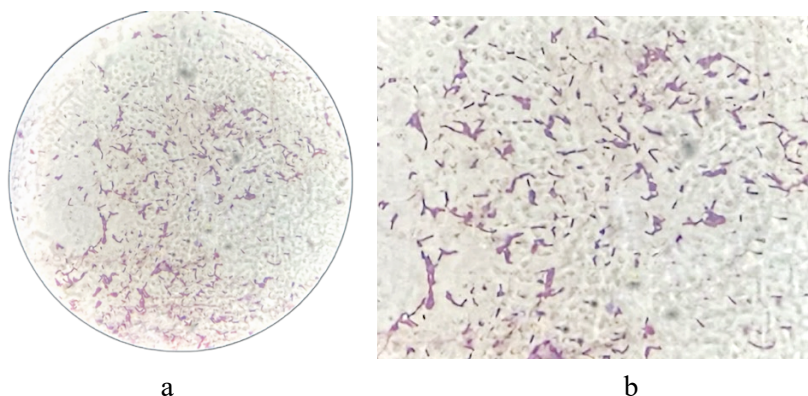
Kingdom : Fungi
Phylum : Ascomycota
Class : Sordariomycetes

Order : Hypocreales
Family : Netriaceae
Genus : *Fusarium*
Species : *Fusarium* sp.

2.5 Bakteri *Bacillus* sp.

Bacillus sp. merupakan jenis bakteri gram positif berbentuk basil (batang) yang dapat membentuk endospora. Pada media agar, koloni bakteri *Bacillus* sp. berbentuk bulat sedang, tepi tidak teratur, dan berwarna kecoklatan. *Bacillus* sp. berukuran panjang berkisar 0,5- 2,5 μm dan lebar 1,2 – 10 μm . *Bacillus* sp. mampu hidup dengan kondisi ada maupun tidak ada oksigen sehingga disebut sebagai mikroorganisme anaerobik fakultatif (Napitupulu *et al.*, 2019)

Menurut Shu & Yang (2017) *Bacillus* sp. merupakan *genus* bakteri dari *family* Bacillaceae, termasuk dalam *division* Firmucutes, memiliki lebih dari 200 *species* yang teridentifikasi. Hasil uji pewarnaan Gram menunjukkan *Bacillus* sp. merupakan bakteri Gram positif karena bakteri tersebut berwarna ungu setelah dilakukan pewarnaan Gram. Warna ungu yang dihasilkan tersebut karena dinding sel *Bacillus* sp. mampu mempertahankan zat warna kristal violet (Aini *et al.*, 2013).



Gambar 8. Hasil pengecatan Gram bakteri *Bacillus* sp. (Gram positif) (a) perbesaran mikroskop 1000x; (b) zoom dengan ukuran 5,56 cm x 7,16 cm (Dokumentasi pribadi).

Menurut Whitman *et al.* (2009) (Sumardi *et al.*, 2018) bakteri *Bacillus* sp. dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

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

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Desember – Maret 2023. Uji pH, TDS, TS dan fitokimia dilaksanakan di Laboratorium Botani Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Analisis gugus fungsi senyawa kimia ekoenzim menggunakan alat FTIR dilaksanakan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (LTSIT) Universitas Lampung. Uji *in vitro*, deteksi pelarut fosfat ekoenzim, deteksi siderofor ekoenzim dan uji aktivitas ekoenzim penghasil hormon IAA dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kulit pisang kepok manado (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*) muda, molase, isolat bakteri *Xanthomonas campestris*, bakteri *Bacillus* sp. dan isolat jamur *Fusarium* sp. Kulit pisang kepok muda diperoleh dari Desa Sabah Balau, Tanjung Bintang, Lampung. Pisang kepok manado muda memiliki kulit yang cukup tebal dengan warna hijau kekuningan. Molase diperoleh dari toko pertanian di Kecamatan Natar. Isolat bakteri *Xanthomonas campestris* diperoleh dari InaCC LIPI (B1449) dan isolat jamur *Fusarium* sp. diperoleh dari tanaman pisang PT. Great Giant Pineapple (PT. GGP) Terbanggi Besar, Lampung Tengah, isolat bakteri *Bacillus* sp. diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Universitas Lampung.

Bahan-bahan lainnya yang digunakan yaitu aquades steril sebagai cairan pengenceran jamur uji dan digunakan sebagai bahan uji senyawa saponin, aquades sebagai cairan pembuatan media NA (*Nutrient agar*), PDA (*Potato Dextrose Agar*) untuk melarutkan bubuk pH buffer dalam mengkalibrasi pH, dan sebagai cairan dalam menentukan konsentrasi ekoenzim, alkohol sebagai disinfektan, NA sebagai media pertumbuhan bakteri, PDA sebagai media pertumbuhan jamur, ekstrak buncis digunakan sebagai campuran media PDA, NaCl fisiologis sebagai bahan pengenceran suspensi bakteri. serbuk magnesium (Mg) dan larutan HCl sebagai bahan uji senyawa flavonoid, pereaksi Dragendorff sebagai bahan uji senyawa alkaloid, larutan FeCl₃ sebagai bahan uji senyawa tanin, HCl 2N sebagai bahan uji senyawa saponin, pereaksi Liebermann-Burchard sebagai bahan uji terpenoid, bubuk pH buffer 6,86 dan bubuk pH buffer 4,01 sebagai bahan untuk kalibrasi pH meter, kertas saring sebagai cakram pada uji *in vitro*, antibiotik kloramfenikol sebagai kontrol positif uji daya hambat bakteri, ketokanazol dengan merk Solinfec sebagai kontrol positif uji daya hambat jamur, media Pikovskaya agar sebagai media pendeteksi mikroba penghasil fosfat, media *simple double-layered chrome azurol shulphonate agar* (SD-CASA) untuk mendeteksi mikroba penghasil siderofor, media *trypticase soy broth* (TSB) sebagai media pertumbuhan mikroba untuk mendekteksi mikroba penghasil hormon IAA, L-tryptofan sebagai prekursor sintesis hormon IAA, reagen *Salkowski* untuk mendeteksi mikroba penghasil hormon IAA, kasa, alumunium foil, kapas, *tissue* dan *cotton swab* steril (Onemed).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batang pengaduk, timbangan analitik (U.S solid), *beaker glass* (Pyrex), corong, tabung reaksi (Pyrex), pipet tetes, pipet volume, mikro pipet, mikrotip (Onemed), Erlenmeyer (Pyrex), jarum ose, ose bulat, gelas ukur (Pyrex), *incubator* (Heraeus), *autoclave* (ALP KT-30LDP), *laminar air flow*, *waterbath*, desikator, bunsen, corong plastik, *vortex mixer*, BSC (*biological safety cabinet*), pH meter (Meditech) TDS meter (Meditech),

oven (Heracus), *hot plate*, sttiner, jangka sorong, *haemocytometer* (Weber Scientific International (WSI)), *fourier transform infra red* (FTIR) (Shimadzu corp), kamera HP.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua bagian yaitu penelitian observasi dan eksperimen. Penelitian observasi dilakukan untuk mengetahui sifat kimia dan kandungan fitokimia ekoenzim. Sifat kimia yang diamati adalah: pH, TDS (*Total dissolved solid*), dan TS (*Total solid*), dan uji menggunakan alat FTIR untuk mengetahui gugus fungsi senyawa yang terdapat dalam larutan ekoenzim, deteksi kandungan fosfat, deteksi kandungan siderofor dan uji IAA ekoenzim. Kandungan fitokimia ekoenzim yang di uji adalah keberadaan senyawa aktif flavonoid, alkaloid, tanin, saponin dan terpenoid.

Tabel 1. Uji Perlakuan Daya Hambat Antibakteri dan Antijamur Ekoenzim

Pathogen	Ekoenzim			Kontrol	
	25%	50%	75%	Positif (+)	Negatif (-)
Bakteri (X)	E 25X	E 50X	E 75X	(X) + Kloramfenikol	(X) + <i>Aquadest</i>
Jamur (F)	E 25F	E 50F	E 75F	(F) + Ketokanazol	(F) + <i>Aquadest</i>
Bakteri (B)	E 25B	E 50B	E75B	(B) + Kloramfenicol	(B) + <i>Aquadest</i>

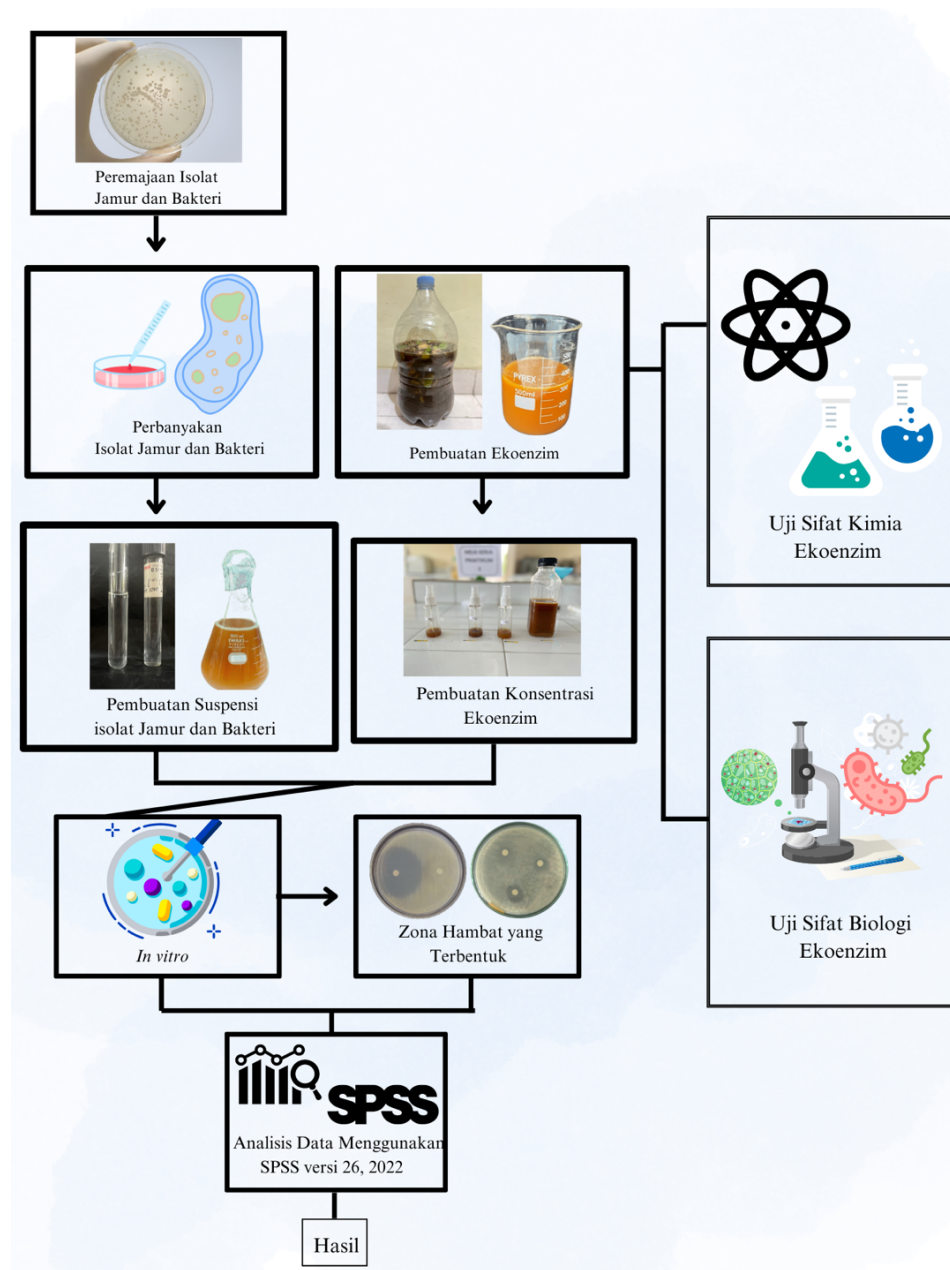
X = *Xanthomonas campestris*; F = *Fusarium* sp.; B = *Bacillus* sp.

Penelitian eksperimen dilakukan untuk uji *in vitro* ekoenzim sebagai antibakteri dan antijamur menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) satu faktor yaitu konsentrasi ekoenzim 25%, 50%, 75%, antibiotik kloramfenikol sebagai kontrol positif uji hambat bakteri, ketokanazol sebagai kontrol positif uji hambat jamur, dan *aquadest* sebagai kontrol negatif uji hambat bakteri dan jamur. Mikroba uji yaitu isolat bakteri

Xanthomonas campestris, *Bacillus* sp. dan isolat jamur *Fusarium* sp.
Setiap unit perlakuan diulang 4 kali. Unit perlakuan dapat dilihat pada
Tabel 1.

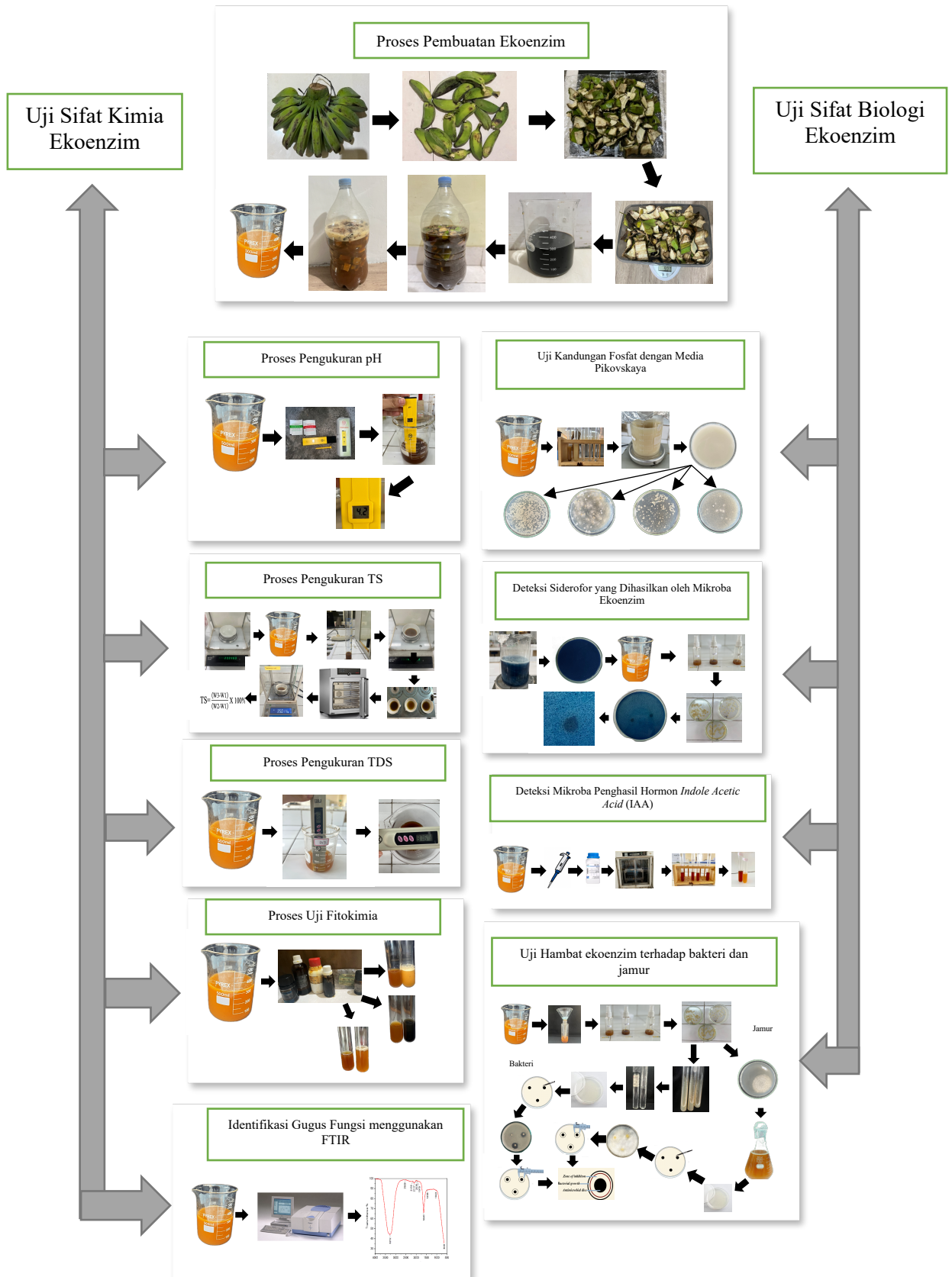
3.4 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian Karakter Biokimia Ekoenzim dari Kulit Pisang Kepok Manado (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*) Muda dan Daya Hambatnya pada *Fusarium* sp. dan *Xanthomonas campestris* dapat dilihat pada Gambar 9.

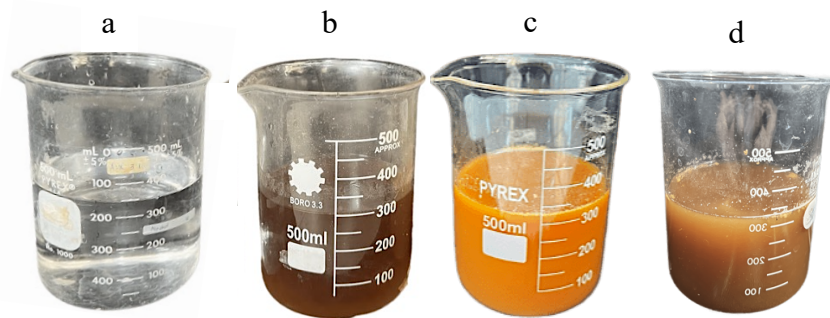


Gambar 9. Diagram Alir Uji Karakter Biokimia Ekoenzim dari Kulit Pisang Kepok Manado (*Musa paradisiaca* var. *formatypica*) Muda dan Daya Hambatnya pada Bakteri *Xanthomonas campestris*., *Bacillus* sp. dan Jamur *Fusarium* sp.

Tahapan pengujian sifat biologi dan kimia ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado muda dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini.



3.4.1 Pembuatan Ekoenzim



Gambar 11. Perbandingan Larutan (a) akuades; (b) ekstrak kulit pisang kepok manado muda; (c) ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado muda usia 3 bulan (sekitar 96 hari); (d) ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado muda usia 14 hari (Dokumentasi pribadi).

Kulit pisang kepok manado muda dicuci bersih, kemudian dipotong kecil-kecil dengan ukuran sekitar 2x2 cm. Potongan kulit pisang dimasukkan ke wadah plastik dicampur dengan molase dan air dengan perbandingan (kulit pisang kepok manado muda : molase : air = 3:1:10) yaitu sebanyak 900 g kulit pisang : 300 mL molase : 3000 mL air. Wadah plastik ditutup rapat dan disimpan di tempat yang terlindung dari sinar matahari langsung.

Proses fermentasi selama 3 bulan. Selama proses fermentasi akan dihasilkan gas. Tutup wadah plastik sewaktu-waktu harus dibuka untuk mengeluarkan gas. Setelah 3 bulan, fermentasi kulit pisang disaring untuk memisahkan filtrat dari endapan yang kemudian akan disebut ekoenzim.

Kemudian ekoenzim disimpan pada wadah bersih sampai siap untuk dianalisis kandungan fitokimia, sifat biokimia dan aktivitas antibakteri dan antijamurnya (Ramadani *et al.*, 2019).

3.4.2 Peremajaan Mikroba

Peremajaan mikroba dilakukan untuk mendapatkan biakan mikroba yang akan digunakan pada uji *in vitro* antijamur dan antibakteri larutan ekoenzim.

Peremajaan *Xanthomonas campestris* dan *Bacillus* sp.

Media nutrien agar (NA) digunakan sebagai media untuk peremajaan bakteri *Xanthomonas campestris* dan *Bacillus* sp. yang akan diujikan pada aktivitas antibakteri ekoenzim. Media NA dibuat dengan melarutkan 20 gram NA dalam *beaker glass* 1000 mL *aquadest*. Larutan NA dipanaskan di atas *hot plate* hingga homogen. Selanjutnya media NA disterilkan dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dan tekanan 2 atm. Media NA yang sudah steril dituang ke dalam cawan Petri masing-masing sebanyak 10 mL dan dibiarkan hingga memadat (Pratiwi *et al.*, 2015).

Peremajaan dan perbanyak stok bakteri dilakukan dengan cara menginokulasikan masing-masing 1 ose biakan murni *Xanthomonas campestris* dan *Bacillus* sp. pada media NA dalam cawan Petri secara steril dalam enkas. Perbanyak stok bakteri pada media NA dalam cawan Petri dilakukan dengan teknik cawan gores, kemudian diinkubasi selama 24 jam di dalam inkubator. Setelah 24 jam bakteri dimasukkan ke dalam kulkas untuk menghambat pertumbuhan bakteri sementara sampai bakteri digunakan untuk pengujian.

Peremajaan *Fusarium* sp.

Media *Potato Dextrose Agar* (PDA) digunakan sebagai media untuk peremajaan jamur *Fusarium* sp. yang akan diujikan pada aktivitas antijamur ekoenzim. Media PDA dibuat dengan melarutkan 4,8 gram agar dalam *beaker glass* berisi aquades. Media PDA dipanaskan di atas *hot plate* hingga homogen. Media disterilisasi dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dan tekanan 2 atm. Media kemudian dituang ke dalam cawan Petri masing-masing sebanyak 10 mL, dan dibiarkan hingga memadat.

Peremajaan dan perbanyak biakan murni jamur *Fusarium* sp. dilakukan dengan cara menginokulasi miselium jamur menggunakan jarum ose secara aseptis pada *laminar air flow*. Isolat jamur diinokulasikan dengan

cara dititik pada media PDA dalam cawan Petri dan kemudian diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu ruang.

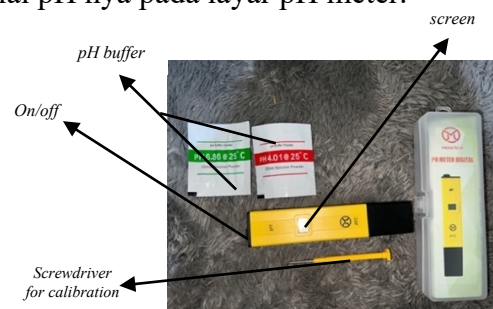
3.4.3 Uji Sifat kimia, Fitokimia, *In Vitro* Antibakteri dan Antijamur Ekoenzim

3.4.3.1 Uji Sifat kimia

Sifat kimia yang akan diuji adalah, pH, *Total solid* (TS), *Total dissolved solid* (TDS), analisis gugus fungsi ekoenzim menggunakan alat *Fourier-transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), dan uji fitokimia kandungan ekoenzim.

Pengukuran pH

Pengukuran pH ekoenzim diawali dengan mengkalibrasi pH meter menggunakan larutan pH buffer 4, 7, dan 10 dengan mengikuti prosedur. Sebelum digunakan untuk mengukur pH ekoenzim, elektroda pH meter yang telah dikalibrasi dibilas terlebih dahulu dengan aquades kemudian dikeringkan dengan tisu. Langkah ujinya dengan mencelupkan elektroda pH meter ke dalam larutan ekoenzim 150 mL, tunggu beberapa saat dan lihat hasil nilai pH nya pada layar pH meter.



Gambar 12. Alat ukur pH Meter (Dokumentasi Pribadi).

Penentuan Kadar TS (*Total Solid*)

Total Padatan (*Total Solid/TS*) adalah seluruh bahan yang terdapat dalam larutan ekoenzim setelah dipanaskan pada suhu 103 – 105 °C dalam oven selama 1 jam. TS bahan yang tertinggal merupakan residu akibat proses

evaporasi seluruh larutan ekoenzim. Pengukuran TS ekoenzim dilakukan dengan memasukan 10 mL larutan ekoenzim ke dalam cawan porcelain yang telah diketahui beratnya. Cawan yang telah diisi ekoenzim ditimbang kembali beratnya. Ekoenzim dalam cawan kemudian diuapkan dengan menempatkan cawan berisi ekoenzim di atas *waterbath* hingga kering. Setelah kering, cawan Petri yang berisi TS ekoenzim di masukan ke dalam oven dan dipanaskan pada suhu 105 °C selama 1 jam. Setelah cawan Petri didiamkan selama 30 menit kemudian ditimbang sampai beratnya konstan menggunakan timbangan analitik dan catat beratnya.

Menurut metode standar APHA, rumus kandungan *total solid* dapat dilihat pada persamaan di bawah ini standar APHA dalam (Darwin *et al.*, 2018)

$$TS = \frac{(W3 - W1)}{(W2 - W1)} \times 100\%$$

Keterangan :

TS : *Total Solid*

W1 : Berat cawan

W2 : Berat cawan dan berat sampel

W3 : Berat cawan dan berat sampel setelah dioven

Penentuan Kadar *Total Dissolved Solid* (TDS)

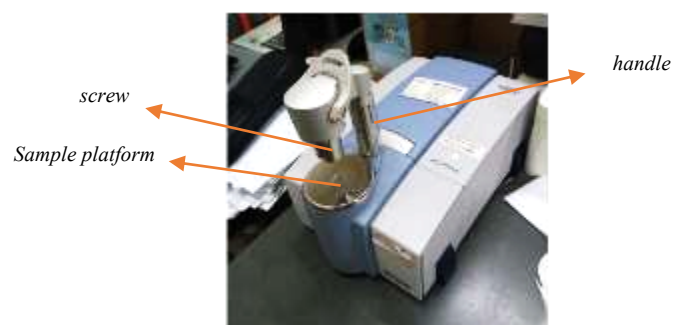
Penentuan kadar *Total Dissolved Solid* (TDS) larutan ekoenzim dilakukan menggunakan TDS meter. Tahap pertama dengan mengkalibrasi elektroda TDS meter menggunakan aquades. Tahap kedua dengan mencelupkan TDS meter ke dalam 150 mL sampel ekoenzim kurang lebih 5 cm dari permukaan ekoenzim, lihat hasil yang tertera pada layar TDS meter dan dicatat.



Gambar 13. Alat ukur TDS Meter (Dokumentasi Pribadi).

Identifikasi Gugus Fungsi Ekoenzim menggunakan *Fourier-transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Spektroskopi FTIR merupakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan *transformasi fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrum. Alat ini digunakan untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan untuk menentukan gugus fungsional. Spektroskopi FTIR digunakan dengan mengamati interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik (Siregar *et al.*, 2015). Pada penelitian ini spektroskopi FTIR digunakan dengan tujuan menganalisis gugus fungsi secara kualitatif yang terkandung pada larutan ekoenzim. Analisis senyawa pada ekoenzim dilakukan dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional pada sampel ekoenzim. Identifikasi menggunakan spektrofotometer FTIR pada rentang bilangan gelombang $4000\text{-}500\text{ cm}^{-1}$.



Gambar 14. Alat *Fourier-transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) (Suwarno *et al.*, 2020).

Fitokimia

Uji fitokimia dimaksudkan untuk mengetahui keberadaan senyawa aktif di dalam ekoenzim. Senyawa-senyawa aktif yang akan di uji dan cara pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian fitokimia menggunakan beberapa acuan referensi sebagai berikut

Bahan	Reagen	Uji	Positif
Ekoenzim berbahan dasar pisang kepok manado muda	<ul style="list-style-type: none"> • 2 mg serbuk magnesium (Mg) • 3 tetes HCl 37% 	Uji Flavonoid	Terbentuknya warna kuning, jingga atau merah (Iskandar <i>et al.</i> , 2020).
	<ul style="list-style-type: none"> • 5 tetes pereaksi Dragendorff 	Uji Alkaloid	Terbentuknya warna orange pada sampel (Kartika <i>et al.</i> , 2022).
	<ul style="list-style-type: none"> • 5 tetes reagen FeCl₃ 1% 	Uji Tanin	Terbentuknya warna biru-hitam atau hijau-hitam (Halimu <i>et al.</i> , 2017).
	<ul style="list-style-type: none"> • 10 tetes aquades • 1 tetes HCl 2N 	Uji Saponin	Terbentuknya buih yang stabil selama 30 menit dan tidak hilang dengan penambahan 1 tetes HCl 2N (Susanti <i>et al.</i> , 2021).
	<ul style="list-style-type: none"> • Pereaksi Liebermann-Burchard 	Uji Terpenoid	Terbentuknya cincin coklat atau violet (Lumowa <i>et al.</i> , 2018).

Identifikasi Flavonoid

Identifikasi senyawa flavonoid dilakukan dengan memasukan sebanyak 1 mL ekoenzim kemudian ditambahkan 2 mg serbuk magnesium (Mg) dan 3 tetes HCl 37%. Adanya senyawa flavonoid ditandai dengan terbentuknya warna kuning, jingga, merah akibat reduksi inti benzopiron pada struktur flavonoid oleh asam klorida dan magnesium sehingga terbentuk garam flavilium yang berwarna kuning, jingga hingga merah (Iskandar *et al.*, 2020).

Identifikasi Alkaloid

Identifikasi senyawa alkaloid dilakukan dengan memasukan sebanyak 1 mL ekoenzim ke dalam tabung reaksi kemudian direaksikan dengan 5 tetes pereaksi Dragendorff yang tersusun atas kalium iodida, bismut sub nitrat dan asam asetat glasial. Adanya senyawa alkaloid ditunjukkan dengan terbentuknya warna *orange* pada sampel (Kartika *et al.*, 2022). Menurut Sangi *et al.* (2012) perubahan warna tersebut karena terjadinya reaksi antara alkaloid dan kalium *tetraiodobismutat* (III).

Identifikasi Tanin

Identifikasi senyawa tanin dilakukan dengan memasukan sebanyak 1 mL ekoenzim ke dalam tabung reaksi kemudian direaksikan dengan 5 tetes reagen FeCl_3 1%. Adanya senyawa tanin ditunjukkan dengan terbentuknya warna biru-hitam atau hijau-hitam yang diakibatkan terbentuknya senyawa kompleks antara logam Fe dan tanin (Halimu *et al.*, 2017)

Identifikasi Saponin

Identifikasi senyawa saponin dilakukan dengan meneteskan sebanyak 10 tetes aquades panas yang sudah berisi 1 mL ekoenzim ke dalam tabung reaksi. Adanya senyawa saponin ditunjukkan dengan terbentuknya buih yang stabil selama 30 menit dan tidak hilang dengan penambahan 1 tetes HCl 2N (Susanti *et al.*, 2021). Buih yang terbentuk diakibatkan saponin memiliki gugus hidrofob dan hidrofil yang dapat bertindak sebagai permukaan aktif dalam pembentukan busa (Putrinesia *et al.*, 2018).

Identifikasi Terpenoid

Uji terpenoid dilakukan dengan meneteskan sebanyak 2 mL larutan ekoenzim ditambahkan dengan pereaksi Liebermann-Burchard. Pereaksi Liebermann-Burchard dibuat dengan asam asetat anhidrat didinginkan selama 30 menit kemudian asam asetat anhidrat ditambahkan dengan asam sulfat pekat dengan perbandingan 10:1 (Lumowa *et al.*, 2018). Adanya perubahan warna membentuk cincin coklat atau violet akibat reaksi antara

senyawa terpenoid dan Pereaksi Liebermann-Burchard menunjukkan adanya kandungan terpenoid pada larutan ekoenzim (Aulyawati & Suryani, 2021).

3.4.3.2 Uji Sifat Biologi

Sifat biologi pada ekoenzim yang akan diuji yaitu deteksi mikroba pelarut fosfat, deteksi mikroba penghasil siderofor, deteksi mikroba panghasil hormon IAA pada ekoenzim, dan perhitungan kepadatan jamur dan bakteri ekoenzim.

Deteksi Bakteri Pelarut Fosfat pada Ekoenzim dengan Media Pikovskaya

Pembuatan media Pikovskaya agar sebagai media isolasi mikroba pelarut fosfat dilakukan dengan mencampurkan glukosa 10 g; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 5 g; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,5 g; NaCl 0,2 g; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,1 g; yeast ekstrak 0,5 g; KCl 0,2 g; $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,002 g; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,002 g. Semua bahan dilarutkan dalam 1 L aquades dan dihomogenkan. Pembuatan Pikovskaya padat dilakukan dengan penambahan agar sebanyak 15 g (Mubarak *et al.*, 2014).

pH media Pikovskaya diatur pada skala 7 dengan menambahkan HCl atau NaOH. Sampel ekoenzim disentrifuge dan terpisah antara endapan dan supernathan. Endapan yang diperoleh dijadikan sebagai suspensi. Endapan sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 mL larutan *sodium chloride* (0,85%) steril dan dilakukan pengenceran. Hasil pengenceran diinokulasikan pada media Pikovskaya agar menggunakan teknik cawan sebar (*spread plate method*) dan diinkubasi pada suhu 30 °C selama 72 jam (Deviko *et al.*, 2021).

Zona bening yang terdapat disekitar koloni bakteri menandakan bahwa ekoenzim mengandung mikroba pelarut fosfat.

Deteksi Siderofor yang Dihasilkan oleh Bakteri pada Ekoenzim

Pengujian penghasil siderofor dilakukan berdasarkan metode Shin *et al.*, (2001), dengan menggunakan medium *simple double-layered chrome azurol shulphonate agar* (SD-CASA). Medium ini dibuat dengan cara 60,5 mg *chrome azurol s* (CAS) dilarutkan dalam 50 mL aquades dan dicampur dengan 10 mL larutan besi (III) (1 mmol/L $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan 10 mmol/L HCl) dihomogenkan. Larutan tersebut ditambah perlahan 36.45 mg HDTMA yang dilarutkan ke dalam 20 mL aquades. Hasil larutan yang berwarna biru gelap dilarutkan dengan 1000 mL aquades, dengan 20 g agar sebagai pematat. Kemudian di autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C . Cawan Petri berdiameter 9 cm disiapkan untuk *plate agar* (CASA) sebanyak 10 mL sebagai dasar *plate*. Setelah memadat dilapisi dengan media NA sebanyak 6 mL dan diinkubasi semalam pada suhu 32°C (Lestari *et al.*, 2017).

Untuk mendeteksi siderofor digunakan *paper-disc*. *Paper-disc* steril berdiameter 5 mm diletakan pada *plate agar* yang telah diinkubasi selama 1 malam secara aseptik. Larutan ekoenzim sebanyak 10 μL diteteskan pada *paper-disc*. Variable yang diamati yaitu terbentuknya zona *orange* dan merah muda/ungu pada medium yang semula berwarna biru (Lestari *et al.*, 2017).

Deteksi Kemampuan Mikroba Penghasil Hormon *Indole Acetic Acid* (IAA)

Uji kualitatif IAA dapat dilakukan dengan metode kolorimetri menggunakan reagen *Salkowski* (Tangapo, 2020). Ekoenzim sebanyak 1 mL di inokulasikan pada media *tryptic soy broth* (TSB) + L-tryptofan 200 ppm dan diinkubasi selama 72 jam kemudian disentrifuge. Supernathan yang terbentuk di reaksikan dengan reagen *Salkowski* dengan cara diteteskan sebanyak 2 mL. Reagen *Salkowski* tersusun dari FeCl_3 dan HCl.O_4 . Setelah di teteskan reagen kemudian diinkubasi selama 30 menit dalam ruang gelap. Perubahan warna yang terjadi diamati, hasil positif

ditandai dengan perubahan warna media menjadi kemerahan hingga merah (Kholida *et al.*, 2015).

3.4.3.3 Uji *In Vitro* Antimikroba dan Antijamur Ekoenzim

Uji antibakteri dan antijamur larutan ekoenzim berbahan kulit buah pisang kepok manado muda dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

3.4.3.3.1 Membuat Suspensi *Xanthomonas campestris*

Isolat *Xanthomonas campestris* yang diperoleh dari peremajaan bakteri dimasukkan menggunakan ose ke tabung reaksi yang telah berisi 10 mL NaCl fisiologis. Kemudian di *vortex* hingga suspensi bakteri homogen. Kekeruhan dari bakteri dapat dibandingkan dengan standar *McFarland*. Standar kekeruhan *McFarland* dijadikan sebagai pengganti perhitungan mikroba satu persatu (Astrisetya, 2017). Larutan *McFarland* dibuat dengan mencampurkan larutan H₂SO₄ 0,36 N sebanyak 99,5 mL dicampurkan dengan larutan BaCl₂.2H₂O 1,175% sebanyak 0,5 mL dalam Erlenmeyer. Kemudian dikocok hingga membentuk larutan keruh. Kekeruhan tersebut digunakan sebagai standar kekeruhan suspensi bakteri (Aviany & Pujiyanto, 2020).

Kekeruhan pada suspensi koloni uji distandarisasi dengan standar 0,5 *McFarland* (sekitar $1,5 \times 10^8$ CFU/mL). Jika kekeruhan masih belum sama, dapat ditambahkan NaCl fisiologis atau bakteri *Xanthomonas campestris* hingga diperoleh suspensi bakteri dengan tingkat kekeruhan $1,5 \times 10^8$ CFU/mL (Nurhayati *et al.*, 2020). Standar *McFarland* digunakan sebagai referensi untuk menyesuaikan kekeruhan bakteri suspensi sehingga jumlah bakteri dalam kisaran yang diberikan untuk membakukan mikroba pengujian (Yanti, 2020).

3.4.3.3.2 **Membuat Suspensi *Bacillus* sp.**

Isolat *Bacillus* sp. yang hasil peremajaan bakteri selama 24 jam dimasukan menggunakan ose ke tabung reaksi yang telah berisi 10 mL NaCl fisiologis, kemudian di *vortex* hingga suspensi bakteri homogen. Kekeruhan suspensi bakteri kemudian dibandingkan dengan standar *McFarland* 0,5. Standar kekeruhan *McFarland* 0,5 dijadikan sebagai standar yang umum digunakan dalam skala laboratorium yang setara dengan perkiraan suspensi $1,5 \times 10^8$ CFU/mL pengganti perhitungan mikroba satu persatu (Nurhayati *et al.*, 2020).

Kekeruhan suspensi koloni uji distandarisasi dengan standar 0,5 *McFarland* (sekitar $1,5 \times 10^8$ CFU/mL). Jika kekeruhan masih belum sama, kedalam larutan suspensi ditambahkan NaCl fisiologis atau bakteri *Bacillus* sp. hingga diperoleh suspensi bakteri dengan tingkat kekeruhan $1,5 \times 10^8$ CFU/mL (Nurhayati *et al.*, 2020).

3.4.3.3.3 **Membuat Starter *Fusarium* sp.**

Starter isolat jamur *Fusarium* sp. dibuat dengan cara mengambil isolat jamur sebanyak 1 ose dari hasil peremajaan *Fusarium* sp. yang telah dibuat selanjutnya dilarutkan ke dalam 20 mL garam fisiologis steril (Nur *et al.*, 2017).

Membuat Konsentrasi Larutan Ekoenzim yang akan diujikan

Uji *in vitro* antijamur dan antibakteri ekoenzim akan menggunakan tiga konsentrasi ekoenzim yaitu 25%, 50% dan 75% dengan cara mencampurkan ekoenzim kemudian di *vortex* hingga larutan homogen. Menurut Kumar *et al.* (2020), ekoenzim campuran dari limbah kulit pepaya dan jeruk konsentrasi 50% efektif untuk

menghambat pertumbuhan bakteri patogen *Enterococcus faecalis* (Gram positif). Menurut Handayani *et al.* (2020), perbandingan ekoenzim yang akan digunakan dalam uji *in vitro* dapat dilihat pada (Tabel 3).

Tabel 3. Penentuan konsentrasi larutan ekoenzim dibuat dengan campuran larutan ekoenzim (X) di dalam pelarut *aquadest* (Y).

Konsentrasi	Ekoenzim (X)	<i>Aquadest</i> (Y)
25%	2,5 mL	7,5 mL
50%	5 mL	5 mL
75%	7,5 mL	2,5 mL

Membuat Kontrol Positif dan Negatif

Kontrol positif daya hambat bakteri dibuat dari sediaan kapsul kloramfenikol 250 mg. kapsul dibuka cangkangnya kemudian ditimbang serbuk dalam kapsul sebanyak 30 mg. Serbuk dilarutkan dalam 5 mL akuades untuk memperoleh larutan stock kloramfenikol 250 µg/50 µL (Kumayas *et al.*, 2015). Kontrol positif uji daya hambat jamur dibuat dengan sediaan ketokonazol 50 mg dilarutkan dengan 10 mL *aquadest* sehingga diperoleh konsentrasi 50 µg/10 µL. Kontrol negatif dibuat dengan menggunakan 5 mL *aquades*.

3.4.3.3.4 Uji Antijamur dan Antibakteri Ekoenzim

Pengujian antibakteri dan antijamur ekoenzim dilakukan menggunakan metode difusi. Prinsip kerjanya adalah dengan menginfiltasikan larutan ekoenzim dari kertas cakram ke dalam media diinokulasi dengan mikroba uji (Balouiri *et al.*, 2016). Kertas cakram adalah silinder berukuran diameter 5 mm dari kertas saring steril. Kertas cakram kemudian ditetesi larutan ekoenzim dengan konsentrasi sesuai perlakuan (Tabel 3).

3.4.3.3.5 Uji Antibakteri Ekoenzim

Kertas cakram steril yang sudah ditetesi larutan ekoenzim dengan konsentrasi sesuai perlakuan diletakkan pada permukaan media *nutrient agar* (NA) dengan menggunakan pinset pada cawan yang telah diinokulasi dengan suspensi bakteri dengan kepadatan $1,5 \times 10^8$ CFU/mL. Setiap cawan berisi 3 buah kertas cakram dengan masing-masing konsentrasi diletakkan dengan jarak antar cakram 3 cm dan jarak cakram dari tepi cawan sebesar 2 cm. Satu cawan dipisahkan dengan berisi cakram yang telah direndam kloramfenikol sebagai kontrol positif dan cakram *aquadest* sebagai kontrol negatif.

Bakteri yang diinokulasikan pada cawan Petri diambil dari suspensi bakteri dengan kepadatan $1,5 \times 10^8$ CFU dalam tabung reaksi sesuai dengan perbandingan standar *McFarland* dengan cara mengambil sebanyak 100 mikron bakteri ke cawan berisi media NA. Suspensi ditetaskan kemudian diratakan menggunakan *cotton swab* steril ke seluruh permukaan media sampai inokulum merata. Biarkan inokulum mengering selama beberapa menit pada suhu ruang dengan cawan tertutup. Cawan Petri yang telah diinokulasi bakteri dan berisi kertas cakram yang mengandung larutan ekoenzim kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Zona jernih di sekitar kertas cakram yang terbentuk setelah inkubasi diukur dengan menggunakan jangka sorong dengan satuan milimeter (mm).

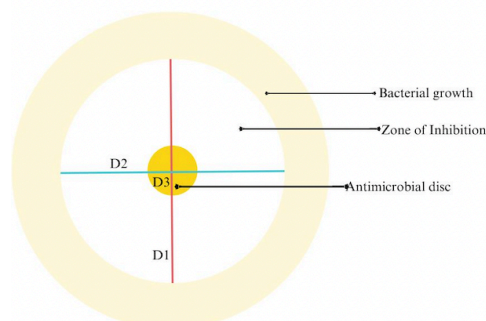
3.4.3.3.6 Uji Antijamur Ekoenzim

Uji daya hambat ekoenzim terhadap *Fusarium* sp. pada penelitian dilakukan dengan menggunakan metode difusi cakram (Nur *et al.*,

2017). Starter *Fusarium* sp. sebanyak 1 mL dimasukan ke dalam media PDA 5 mL. Tunggu hingga media pekat. Kertas cakram direndam dalam ekoenzim selama 15 menit dengan konsentrasi 25%, 50% dan 75%. Kertas cakram yang sudah direndam diletakan di atas permukaan media menggunakan pinset steril dan di tekan sedikit. Satu cawan dipisahkan dengan berisi cakram yang telah direndam ketokanazol sebagai kontrol positif dan cakram *aquadest* sebagai kontrol negatif. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 2 x 24 jam di dalam *box container* pada suhu ruang (Nur *et al.*, 2017). Diameter zona hambat yang terbentuk di sekitar kertas cakram diukur menggunakan jangka sorong dengan satuan milimeter (mm).

3.4.3.3.7 Perhitungan Zona Hambat yang Terbentuk

Zona hambat diukur dengan mengambil dua garis yang saling tegak lurus melalui titik pusat cakram. Diameter zona hambat horizontal, untuk garis pertama, garis kedua diameter zona hambat vertikal dan ketiga diameter kertas cakram. Jumlah diameter garis pertama dikurangi diameter ketiga ditambahkan dengan jumlah diameter garis kedua yang dikurangi diameter ketiga. Kedua hasil diameter garis tersebut dibagi dua, maka akan diperoleh diameter zona hambat (Andries *et al.*, 2014).



Gambar 15. Ilustrasi perhitungan diameter zona hambat bakteri (Andries *et al.*, 2014).

Diameter zona hambat dapat dikategorikan kekuatannya berdasarkan Greenwood (2000) : kuat (zona hambat >20mm), sedang (zona hambat 10 – 15 mm) dan tidak ada (zona hambat <10 mm) (Alfath *et al.*, 2013).

$$L = \frac{(D1 - D3) + (D2 - D3)}{2}$$

Keterangan :

D = Diameter zona hambat

D1 = Diameter zona hambat horizontal

D2 = Diameter zona hambat vertikal

D3 = Diameter kertas cakram

3.5 Analisis Data

Data hasil uji aktivitas daya hambat ekoenzim dianalisis dengan menggunakan aplikasi SPSS versi 26, 2022 melalui *One Way Anova* kemudian melakukan uji lanjut Tukey dengan tujuan menentukan konsentrasi ekstrak yang paling efektif sebagai antibakteri dan antifungi dengan taraf α 5%.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado muda memiliki karakter biologi yang efektif sebagai antibakteri, tetapi tidak efektif sebagai antifungi. Ekoenzim mengandung mikroorganisme yang mampu menghasilkan hormon IAA dan melarutkan fosfat. Parameter karakter kimia ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado muda yang diperoleh meliputi pH asam antara 4,00 – 5,50, nilai TS dan TDS yang semakin tinggi dengan bertambahnya konsentrasi uji, serta mengandung senyawa fitokimia berupa flavonoid, tanin dan saponin, hal tersebut diperkuat dengan hasil spektrum IR yang menunjukkan adanya kemiripan dengan gugus fungsi pada senyawa tersebut berdasarkan puncak-puncak yang terbentuk.
2. ekoenzim berbahan dasar kulit pisang kepok manado muda dengan konsentrasi 50% dan 75% efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Xanthomonas campestris* dan *Bacillus* sp. namun tidak efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium* sp.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini sebagai berikut :

1. perlu dibuktikan kembali mengenai apakah bakteri Gram negatif lebih sensitive terhadap kandungan zat aktif yang terdapat dalam ekoenzim.
2. Perlu dilakukan perhitungan bakteri dan jamur ekoenzim untuk mengetahui kepadatan mikroba.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, W., Setyowati, E., & Damayanti, D. R. (2014). Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Aktivitas Antioksidan Kulit Buah Durian (*Durio zibethinus Murr*) Varietas Petruk. *Prosiding Pendidikan Sains Seminar Nasional Pendidikan Sains IV*.
<http://www.Jurnal.fkip.uns.ac.id/index/php/psdssains>
- Agustrina, R., Manullang, H. M., Irawan, B., Wahyuningsih, S., & Sumardi, S. (2020). Produksi Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) dari Benih yang Diinduksi Medan Magnet 0,2 mT dan Diinfeksi Jamur *Fusarium* sp. *Jurnal Biologi Papua*, 12(1), 50–58. <https://doi.org/10.31957/jbp.1063>
- Aini, F. N., Sukamto, S., Wahyuni, D., Suhesti, G. R., & Ayunin, Q. (2013). Penghambatan Pertumbuhan *Colletotrichum gloeosporioides* oleh *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens*. *Pelita Perkebunan*, 29(1) 2013, 44–52.
- Al Muzafri. (2019). Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Andaliman (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) pada *Staphylococcus aureus*. Fakultas Pertanian. Program Studi Agroteknologi, Universitas Pasir Pengaraian. Riau.
- Alfath CR, Yulina V, & Sunnati. (2013). Antibacterial Effect Of Graniti Fructus Cortex Extract on *Streptococcus mutans* In Vitro. *Journal Of Dentistry Indonesia*, 1(20), 5-8. <https://doi.org/10.14693/jdi.v20il.126>
- Amalia, L., Budiasih, R., Samsul, A. (2018). Pengaruh Posisi Bukaak Plastik Baglog dan Konsentrasi Pupuk Fosfor Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). *Jurnal Kultivasi*. 17(1).
<https://doi.org/10.24198/kultivasi.v17i1.16075>
- Ampou, E., Triyulianti, I., Nugroho, S. C. (2015). Bakteri Asosiasi Pada Karang Scleractinia Kaitannya Dengan Fenomena La-Nina Di Pulau Bunaken. *Jurnal Kelautan Nasional*, 10(2).
- Andries, J. R., Gunawan, P. N., & Supit, A. (2014). Uji Efek Antibakteri Ekstrak Bunga Cengkeh terhadap Bakteri *Streptococcus mutans* secara In Vitro. *Jurnal E-Gigi*, 2(2). Manado : Universitas Sam Ratulangi. <https://doi.org/10.35790/eg.2.2.2014.5763>

- Astriani, M., & Murtiyaningsih, H. (2018). Pengukuran Indole- 3-Acetic Acid (IAA) pada *Bacillus* sp. dengan Penambahan L-Tryptopan. *Bioeduscience*, 2(2), 116. <https://doi.org/10.29405/j.bes/221116-1212233>
- Astrini, D., Wibowo, M. S., & Nugrahani, I. (2014). Aktivitas Antibakteri Madu Pahit Terhadap Bakteri Gram Negatif dan Gram Positif Serta Potensinya Dibandingkan Terhadap Antibiotik Kloramfenikol, Oksitetrasiklin dan Gentamisin. *Acta Pharmaceutica Indonesia*, 39 (4).
- Astrisetya, A. (2017). *Aktivitas Antibakteri Kombinasi Fraksi Daun Morinaga Oleifera dan Ekstrak Daun Persea Americana (Studi Terhadap Bakteri Staphylococcus aureus dan Escherichia coli Dengan Metode Difusi Cakram)*. [Skripsi]. Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Malang.
- Aulyawati, N., & Suryani, N. (2021). Skrining Fitokimia Dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Rambut Jagung Manis (*Zea mays ssaccharata Strurf*) Menggunakan Metode Dpph. *SPIN*, 3(2), 132–142. <https://doi.org/10.20414/spin.v3i2.4101>
- Aviany, H. B., & Pujiyanto, D. S. (2020). Analisis Efektivitas Probiotik di Dalam Produk Kecantikan sebagai Antibakteri terhadap Bakteri *Staphylococcus epidermidis*. *Jurnal Berkala Bioteknologi*, 3(2).
- Ayesha, C., Advinda, L., Handayani, D., & Hilda Putri, D. (2023). Potential Of *Pseudomonas fluorescens* As Plant Growth Promoting Bacteria Potensi. *Journal Serambi Biologi*, 3 (1). <https://serambibiologi.ppj.unp.ac.id/index.php/srmb/article/view/178>
- Azhar., Asmaniah, S., Siti, M. (2021). Aplikasi Eco Enzyme Limbah Kulit Pisang Dan Model Budidaya Pada Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Ketan (*Zea mays Cerantina*) Lokal Dompu. *Asmaniyah dan Muslikah* 9(2).
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibsouda, S. K. (2016). Methods for In Vitro Evaluating Antimicrobial acti-vity: A review. *Journal of Pharma-Ceutical Analysis*, 6(2), 71-79. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>
- Basir, B., Kariyanti, K., & Isnansetyo, A. (2023). Aktivitas Antibakteri Tumbuhan Darat Dan Pesisir Dari Sulawesi Selatan Terhadap Penyakit Vibrio. *Marlin*, 4(1), 49. <https://doi.org/10.15578/marlin.v4.i1.2023.49-56>
- Bernadin D, & Yuhaniyaya. (2017). Pemberdayaan Masyarakat Desa Citeras Rangkasbitung Melalui Pengolahan Sampah Dengan Konsep EcoEnzyme Dan Produk Kreatif Yang Bernilai Ekonomi Tinggi. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat, C1–C6*.

- Budiman, H. H. (2018). Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata*) Sebagai Biofilter Zat Besi (Fe) Dan Zat Kapur (CaCO₃). *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(2), 152– 8. <https://doi.org/10.56338/pjkm.v8i2.497>
- Cárdenas-Ramírez, C., Gómez, M. A., Jaramillo, F., Fernández, A. G., & Cabeza, L. F. (2021). Thermal reliability of organic-organic phase change materials and their shape-stabilized composites. *Journal of Energy Storage*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.102661>
- Centre for Agriculture and Bioscience International. (2017). *Datasheet: Xanthomonas oryzae pv. Oryzae (rice leaf blight)*. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/56956>.
- Christina E, P, F. P. (2017). Ekstraksi Tanin dari Kulit Kayu Pinus Dengan Bantuan Microwave: Pengaruh Daya Microwave, Jenis Pelarut dan Waktu Ekstraksi. *Integrasi Proses*, 6(4), 155–161. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>
- Danapriatna, N. (2014). Faktor yang Mempengaruhi Biosintesis IAA Oleh Azospirillum. *Jurnal Ilmiah Solusi*, 1(2), 82-88.
- Darwin, D., Sarbaini, S., Purwanto, S., Dhiauddin, F., Ilham, M., & Fazil, A. (2018). Wastewater Treatment for African Catfish (*Clarias gariepinus*) Culture by Using Anaerobic Process. *Agritech*, 37(4), 462. <https://doi.org/10.22146/agritech.13058>
- Delgoda, R., & Murray, J. E. (2017). Evolutionary Perspectives on the Role of Plant Secondary Metabolites. *Pharmacognosy: Fundamentals, Applications and Strategy* (pp. 93–100). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802104-0.00007-X>
- Deviko Mardiansah, & Guntur Trimulyono. (2021). Isolasi, Karakterisasi, dan Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Tanaman Jati dan Sengon di Pegunungan Kapur, Daerah Selatan Kabupaten Tulungagung. *Journal LenteraBio*, 10(2), 188–198.
- Dewi, M. A., Anugrah, R., & Nurfitri, A. Y. (2015). Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etanol Dan Fraksi Pelepah Aren (*Arenga pinnata* Merr) Terhadap *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*. *Ilmiah Farmasi*. <https://doi.org/10.26874/kjif.v3i1.96>
- Dewi, T, K., Suryanggono, J., Agustiyani, D. (2016). Isolasi dan Uji Aktivitas Bakteri Penghasil Hormone Tumbuh IAA (Indole-3- Acetic Acid) dan Bakteri Perombak Protein dari Tanah Pertanian Tual, Maluku Tenggara. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversity Indonesia*. 2(2), 271-276. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m020226>

- Dewi, W., Khotimah, S., Liana, F. (2016). Pemanfaatan Infusa Lidah Buaya (*Aloe vera* L.) Sebagai Antiseptik Pembersih Tangan Terhadap Jumlah Koloni Kuman. *Jurnal Cerebellum*, 2(3).
- Dinastutie, R., YS Srie Poeranto, & Hidayati, D. (2015). Uji Efektifitas Antifungal Ekstrak Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata x balbisiana*) Mentah Terhadap Pertumbuhan *Candida albicans* Secara In Vitro. *Majalah Kesehatan FKUB*. 2(3).
- Dita, M., Barquero, M., Heck, D., Mizubuti, E. S. G., & Staver, C. P. (2018). *Fusarium* wilt of banana: Current knowledge on epidemiology and research needs toward sustainable disease management. *Frontiers in Plant Science*. 871. Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01468>
- Egra, S., Rofin, M., Adiwena, M., Jannah, N., Kuspradini, H., & Tohru Mitsunaga. (2019). Aktivitas Antimikroba Ekstrak Bakau (*Rhizophora mucronata*) dalam Menghambat Pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* Penyebab Penyakit Layu. *Jurnal Agroekoteknologi*. 12 (1).
- Fajrianty, I., I, H, Hariyanto., Andres., Setyaningrum, R. (2018). Skrining Fitokimia dan Analisis Kromatografi Lapis Tipis Dari Ekstrak Etanol Daun Bintangus (*Calophyllum soulattri* Burm. F.). *Jurnal Pendidikan Informatika dan Sains*. 7(1). <https://doi.org/10.31571/saintek.v7i1.768>
- Fathurrahman, N. R. (2018). Teknik Analisis Instrumentasi Senyawa Tanin. *Jurnal Farmaka*, 16(2). Fakultas Farmasi, Universitas Padjajaran Bandung.
- Gaspersz, M. M., Fitrihidajati, H. (2022). *Pemanfaatan Ekoenzim Berbahan Limbah Kulit Jeruk dan Kulit Nanas sebagai Agen Remediasi LAS Detergen Utilization of Eco-enzyme from Citrus Peels and Pineapple Peels Waste as Detergent LAS Remediation Agent*. 11, 503–513. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index503>
- Halim, A., & Maria Dona Octavia, dan. (2010). Karakterisasi Alginat Dari Ganggang Coklat (*Sargassum crassifolium* Mont.) Hasil Proses Isolasi Menggunakan Cacl 2 8%. *Jurnal Farmasi Higea*, 2(2).
- Halimu, B. R., Sulistijowati, S. R., & Mile, L. (2017). Identifikasi Kandungan Tanin pada *Sonneratia alba*. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 5(4). Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Negeri Gorontalo.
- Hanani E. (2015). *Analisis Fitokimia*. Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Handayani, W., Dwi Aristyawan, A., & Ega Safitri, O. (2020). Artikel Penelitian In vitro Test of Cefadroxil Interaction with Banana and Milk Against *Staphylococcus aureus* using Disc Difusion Method. *Journal of Pharmacy and Science*, 5(2). <https://doi.org/10.53342/pharmasci.v5i2.191>

- Harvianti, Y. (2019). Pengendalian Penyakit Hawar Pelepah Padi Akibat *Rhizocotonia solani* dengan Penggunaan Bakteri Rhizosfer. *Prosiding Seminar Nasional Biodiversitas Indonesia*.
<https://doi.org/10.24252/psb.v5i1.11867>
- Hasma, W. (2019). Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Ekstrak Etanol Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa paradisiaca*. L) dengan Metode KLT. *Journal Kesehatan Menarang*, 5(2),125. <https://doi.org/10.33490/jkm.v5i2.176>
- I Gusti Ngurah Puger. (2018). Sampah Organik, Kompos, Pemanasan Global, dan Penanaman Aglaonema di Pekarangan. *Agricultural Journal*. Universitas Panji Sakti, Bali.
- Illing, I. , S. W. , dan E. (2017). Uji Fitokimia Ekstrak Buah Dengan. *Jurnal Dinamika*, 8(1), 66-84. Program Studi Kimia, Fakultas Sains, Universitas Cokroaminoto Palopo. Sulawesi Selatan.
- Ismi Dwi Irka Ya'nur. (2017). *Uji Daya Hambat Ekstrak Jahe Merah (Zingiber officinale var. rubrum) Sebagai Fungisida Alami Terhadap Pertumbuhan Jamur Fusarium oxysporum Pada Tanaman Jeruk (Citrus sp.)*. Universitas Pasundan.
- Jayanegara, A., Ridla, M., Laconi E. B., dan Nahrowi. (2019). *Komponen Antinutrisi pada Pakan*. IPB Press.
- Jelita, R., & Maitreyawira, S. (2022). Produksi Eco Enzyme dengan Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga untuk Menjaga Kesehatan Masyarakat di Era New Normal. *Jurnal Maitreyawira*, 3(1).
- Juniarti. (2016). Analisis Senyawa Metabolit Sekunder dari Ekstrak Metanol Daun Surian yang Berpotensi sebagai Antioksidan. *Makara Journal of Science*, 2(1). <https://scholarhub.ui.ac.id/science/vol15/iss1/7>
- Jumadi, O., & dan Hartono, L. (2015). Produksi Zat Pengatur Tumbuh Iaa (Indole Acetic Acid) Dan Kemampuan Pelarutan Posfat Pada Isolat Bakteri Penambat Nitrogen Asal Kabupaten Takalar. *Jurnal Bionature*, 16(1).
<https://doi.org/10.35580/bionature.v16il.1568>
- Kahfi, A. (2017). Tinjauan Terhadap Pengelolaan Sampah. *Jurisprudentie : Jurusan Ilmu Hukum Fakultas Syariah Dan Hukum*, 4(1), 12.
<https://doi.org/10.24252/jurisprudentie.v4i1.3661>
- Kartika, W., Yety Lindawati, N., Prian Nirwana Program Studi, A. S., Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional, S., & Raya Solo -Baki, J. (2022). Uji Aktivitas Larvasida Ekstrak Herba Pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urb) terhadap mortalitas larva *Aedes aegypti* L. *Jurnal Farmasetis*, 11(3).

- Kartikasari, aini, & Asih Purwestri, Y. (2021). *Kemampuan Antibakteri Senyawa Metabolit Sekunder Bakteri Endofit Tanaman Purwoceng terhadap Escherechia coli*, 5(1). <http://journal2.um.ac.id/index.php/jih/index>
- Khalid, A., Arshad, & A.Zhair. (2015). Screening plant groet promoting rhizobacteria for improving groeth and yield af wheat. *Journal Microbiology*, 7(3): 96-104. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.02161.x>
- Khan, F., Khan, S., Fahad, S., Faisal, S., Hussain, S., Ali, S., & Ali, A. (2014). Effect of Different Levels of Nitrogen and Phosphorus on the Phenology and Yield of Maize Varieties. *American Journal of Plant Sciences*, 05(17), 2582–2590. <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.517272>
- Kholida, F. Tahta. Z. E. (2015). Potensi Azotobacter sebagai Penghasil Hormon IAA (Indole-3-Acetic Acid). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 4(2). Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS). Surabaya.
- Kumar, A., H.K. Sadhya, E. Ahmad, & S. Dulawat. (2020). Application of bioenzyme in wastewater (greywater) treatment. *International Research. Journal of Engineering and Technology*, 7(5), 2886-2890.
- Kumar S, & Pandey A. (2013). Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. *The Scientific World Journal*, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2013/162750>
- Kumayas, A. R., Wewengkang, S., & Sudewi, S. (2015). Aktifitas Antibakteri Dan Karakteristik Gugus Fungsi Dari Tunikata Polycarpa Aurata. *Pharmacon Jurnal Ilmiah Farmasi-UNSRAT*, 4(1). <https://doi.org/10.35799/pha.4.2015.6481>
- Kustiyaningsih, E., & Irawanto, R. (2020). Pengukuran Total Dissolved Solid (TDS) Dalam Fitoremediasi Deterjen Dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia*. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 7(1), 143–148. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2020.007.1.18>
- Larasati D, Astuti AP, & Maharani ET. (2020). Uji Organoleptik Produk Eco-Enzyme dari Limbah Kulit Buah (Studi Kasus di Kota Semarang). *Seminar Nasional Edusainstek*, 278–283.
- Larosa, S. F., Kusdiyantini, E., Raharjo, B., & Sarjiya, A. (2013). Kemampuan Isolat Bakteri Penghasil *Indole Acetic Acid* (IAA) Dari Tanah Gambut Sampit Kalimantan Tengah. *Jurnal Biologi*, 2(3).
- Lestari P, Prihatningsih N, & Djatmiko HA. (2017). Partial biochemical characterization of crude extract extracellular chitinase enzyme from *Bacillus subtilis* B298. *Journal IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 172 012041. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/172/1/012041>

- Lumowa, S. V. T., & Bardin Syahril. (2018). Uji Fitokimia Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.) Bahan Alam Sebagai Pestisida Nabati Berpotensi Menekan Serangan Serangga Hama Tanaman Umur Pendek. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 1(9). <https://doi.org/10.25026/jsk.v1i9.87>
- Malakar, B., Das, D., & Mohanty, K. (2022). Evaluation of banana peel hydrolysate as alternate and cheaper growth medium for growth of microalgae *Chlorella sorokiniana*. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03106-8>
- Marappa, N., Ramachandran, L., Dharumadurai, D., & Nooruddin, T. (2020). Recovery of Gold and Other Precious Metal Resources from Environmental Polluted E-waste Printed Circuit Board by Bioleaching Frankia. *International Journal of Environmental Research*, 14(2), 165–176. <https://doi.org/10.1007/s41742-020-00254-5>
- Mardiyansah, D., Trimulyono, G. (2021). Isolasi, Karakterisasi, dan Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizosfer di Pegunungan Kapur Selatan, Tulungagung. *Jurnal Lenterabio : Berkala Ilmiah Biologi*, 10(2). <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v10n2.p188-198>
- Mastuti, S. (2022). Potensi Bakteriosin pada Bakteri Asam Laktat terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 11(1), 25–30. <https://doi.org/10.35816/jiskh.v11i1.650>
- Matheron. M., L. (2015). Biology and Management of Fusarium Wilt of Lettuce. *Journal: The University of Arizona College of Agriculture and Life Scienc Es Tucson*. Arizona.
- Maula, R. N., Andari P. A, & Endang T. W. M. (2020). Analisis Efektifitas Penggunaan Eco-enzyme pada Pengawetan Buah Stroberi dan Tomat dengan Perbandingan Konsentrasi. *Prosiding Seminar Edusainstech*, UNIMUS.
- Maya, F, N., Alami, N, H. (2019). Uji Potensi Isolat Khamir Dari Rhizosfer Mangrove Wonorejo dan Gunung Anyar Sebagai Agen Penghasil IAA (*Indole Acetic Acid*). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 8(1), 2337-3520. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v8i1.41855>.
- Megah SI, Dewi DS, & Wilany E. (2018). Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Digunakan Untuk Obat dan Kebersihan. *Minda Baharu*, 2(1), 50-58. <https://doi.org/10.33373/jmb.v2i1.2275>
- Miklasińska-Majdanik, M., Kępa, M., Wojtyczka, R. D., Idzik, D., & Wąsik, T. J. (2018). Phenolic compounds diminish antibiotic resistance of *Staphylococcus aureus* clinical strains. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(10). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102321>

- Mubarak, N. M., Kundu, A., Sahu, J. N., Abdullah, E. C., & Jayakumar, N. S. (2014). Synthesis of palm oil empty fruit bunch magnetic pyrolytic char impregnating with FeCl₃ by microwave heating technique. *Biomass and Bioenergy*, 61, 265–275. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.12.021>
- Napitupulu, H. G., M Rumengan, I. F., Wullur, S., Ginting, E. L., T S L Rimper, J. R., Toloh, B. H., (2019). *Bacillus* sp. Sebagai Agensia Pengurai Dalam Pemeliharaan *Brachionus rotundiformis* Yang Menggunakan Ikan Mentah Sebagai Sumber Nutrisi. *Jurnal Ilmiah Platax*, 7(1). <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax>
- NasrulSani, R., Choirun Nisa, F., Dewi Andriani, R., & Mahar Maligan, J. (2014). Analisis Rendemen dan Skrining Fitokimia Ekstrak Mikroalga-Sani, *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(2). Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang.
- Nazim, F., & Meera, V. (2013). Treatment of Synthetic Greywater Using 5% and 10% Garbage Enzyme Solution. *International Journal of Industrial Engineering and Management Science*, 3(4), 111-117. India. <https://doi.org/10.9756/BIJIEMS.4733>
- Ngara, Z. S., Budiana, G. M., Warsito, A., & Amitiran, I. (2010). Identifikasi Senyawa Kardanol Hasil Isolasi Cnsl Asal Alor Berdasarkan Spektrum FTIR dan Gc-Ms. *Jurnal MIPA*, 14(1). Universitas Nusa Cendana. Bali.
- Nur, D., Sari, R., Hasanah, H. U., Mahasiswa, M., Prodi, P., & Biologi, P. (2017). Efektivitas Antifungi Ekstrak Daun Kakao (*Theobroma cacao* L.) dalam Menghambat Pertumbuhan Fungi Patogen Indegenous *Phytophthora palmivora* dengan Metode Dilusi Padat. *Jurnal Biologi & Pembelajarannya*, 4(1).
- Nurdianti, L., Hidayat, T., & Bastian, R. (2022). Formulasi dan Evaluasi Sediaan Suppositoria Ekstrak Etanol Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Prosiding Seminar Nasional S1 Farmasi*, Vol 2. Universitas Bakti Tunas Husada, Tasikmalaya.
- Nurhayati, L. S., Yahdiyani, N., & Hidayatulloh, A. (2020). Perbandingan Pengujian Aktivitas Antibakteri Starter Yogurt dengan Metode Difusi Sumuran dan Metode Difusi Cakram. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 1(2), 41. <https://doi.org/10.24198/jthp.v1i2.27537>
- Nurmin, Sri MS, & Irwan S. (2018). Penentuan Kadar Natrium (Na) dan Kalium (K) dalam Buah Pisang Kepok (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana*) Berdasarkan Tingkat Kematangan. *Journal Akademia Kimia*, 7 (3).
- Nurul Yanti, S., & Evelyn Chandra, V. (2020). Study of Secondary Metabolites in Jeruk Sambal Juice (*Citrus microcarpa Bunge*) From Desa Kalimas,

Kalimantan Barat. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*.
<https://www.journal-jps.com>

- Ogbuanu Cyril Chinedu. (2018). Functional Analysis Of Flavonoids In Some Higher And Lower Plant Vegetables Eaten In Eastern Nigeria Natural and Technical sciences View project Extending the self-life of the palm View project. *International Journal of Engineering, Science and Mathematics*, 6(7). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28021.88809>
- Opa, S. L., Bara, R. A., Gerung, G. S., Rompas, R. M., Lintang, R. A., Sumilat, D. A. (2018). Uji aktivitas antibakteri fraksi n-heksana, metanol dan air dari ascidian *Lissoclinum* sp. Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis* (Vol. 1).
- Pangemanan, G., Tanor, M. N., Roring, V. I. Y., Lim Ogi, N., Rawung, D. L., (2022). Comparison of Disinfection Performance By Differences of Organic Material. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Manado. *Nucleus Biosains*, 3, 34–42.
- Patel, J. J., Sanjeev, R. A., & Acharya, N. S. (2014). *Clerodendrum serratum* (L.) Moon - A review on traditional uses, phytochemistry, and pharmacological activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 154(2), 268–285.
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.03.071>
- Permana, P. S., Pujimulyani, D., & Lilis Suryani, C. (2019). *Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Produksi Karbondioksida (Co2) Dan Etilen (C2h4) Buah Pisang Kepok*. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Mercu Buana. Yogyakarta.
- Ploetz, R. C. (2015). Fusarium wilt of banana. *Journal Phytopathology*, 105(12), 1512–1521. American Phytopathological Society.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-15-0101-RVW>
- Prihatiningsih Nur, Djatmiko Adi, & Lestari Puji. (2017). Aktivitas Siderofor *Bacillus Subtilis* Sebagai Pemacu Pertumbuhan Dan Pengendali Patogen Tanaman Terung. *Jurnal HPT Tropica*. 17(2), 170- 178.
<https://doi.org/10.23960/j.hptt.217170-178>
- Puspitasari, F. D., Shovitri, M., & Kuswyasari, N. D. (2014). Isolasi dan karakterisasi bakteri aerob proteolitik dari tangki septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), Pp.E1-E4. <https://doi.org/10.12962/j233733520.v1i1.411>
- Putrinesia, I., Pratama, Y., Asyikin, N., & Rahmalia, W. (2018). Formulasi dan Uji Aktivitas Krim Pengkelat Merkuri Berbahan Dasar Ekstrak Etanol Alga Coklat (*Sargassum* sp.). *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*, 14(1), 152.
<https://doi.org/10.20961/alchemy.14.1.12242.152-163>

- Radiena, M. S. Y. (2016). *Umur Optimum Panen Pisang Kepok (Musa paradisiaca, L) Terhadap Mutu Tepung Pisang Optimum Maturity Of Kepok Banana's (Musa paradisiaca, L) Harvest Againsts Quality Of Banana Flour*. Balai Riset dan Standardisasi Industri Ambon.
- Ramadani, A. H., Rosalina, R., & Ningrum, R. S. (2019). Pemberdayaan Kelompok Tani Dusun Puhrejo dalam Pengolahan Limbah Organik Kulit Nanas Sebagai Pupuk Cair Eko-enzim. *Prosiding Seminar Nasional HAYATI VII*, 225–226.
- Retno, N., Elly, P., & Sukarsono. (2016). Identifikasi Senyawa Alkaloid Dari Batang Karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa*) Sebagai Bahan Ajar Biologi Untuk Sma Kelas X. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 2(3). Pendidikan Biologi FKIP, Universitas Muhammadiyah Malang.
- Rindi Oktalina. (2014). *Reologi Puree Buah Jambu Biji Merah (Psidium guajava L.) Pada Berbagai Konsentrasi*. [Skripsi]. Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Jawa Timur.
- Rochyani, N., Utpalasari, R. L., & Dahliana, I. (2020). Analisis Hasil Konversi Eco-Enzyme Menggunakan Nanas (*Ananas comosus*) dan Pepaya (*Carica papaya L.*). *Jurnal Redoks*, 5(2). Universitas PGRI Palembang. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i2.5060>
- Rohyani, I. S., Aryanti, E., & Suripto. (2015). *Kandungan fitokimia beberapa jenis tumbuhan lokal yang sering dimanfaatkan sebagai bahan baku obat*. Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Mataram, NTB. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010237>
- Sangi, M. S., Momuat, L. I., & Kumaunang, M. (2012). Uji Toksisitas Dan Skrining Fitokimia Tepung Gabah Pelelah Aren (*Arenga pinnata*) 1). *Jurnal Ilmiah Sains*, 12(2). Program Studi Kimia, Universitas Sam Ratulangi, Manado. <https://doi.org/10.35799/jis.12.2.2012.716>.
- Saparinto, C., & R. Susiana. (2016). *Grow Your Own Medical Plant – Panduan Praktis Menanam 51 Tanaman Obat Populer di Pekarangan*. Lily Publisher. Yogyakarta.
- Saraswati, F. N. (2015). *Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etanol 96% Limbah Kulit Pisang Kepok Kuning (Musa Balbasiana) Terhadap Bakteri Penyebab Jerawat (Staphylococcus epidermidis, Staphylococcus aureus, Propionibacterium acne)*. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Satya. (2013). *Koleksi Tumbuhan Berkhasiat*. Rapha Publisher. Yogyakarta.
- Savira, D., & Iskandar D. (2020). Pemanfaatan Ekstrak Daun Kitolod (*Hippobroma longiflora* (L) G.Don) Sebagai Bahan Aktif Sediaan Tabir

Surya. *Jurnal Kimia Riset*, 5(1), 44-48.
<https://doi.org/10.20473/jkr.v5i1.19680>

Sedyanto, AP. (2018). *Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Fiber Adsorben Terenkapsulasi Na-Algiant Penyerap Logam Berat Pb(II) Dalam Air*. Universitas Islam Indonesia.

Septiani, U., Oktavia, R., Dahlan, A (2021). *Eco Enzyme: Pengolahan Sampah Rumah Tangga Menjadi Produk Serbaguna di Yayasan Khazanah Kebajikan*. Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Tangerang Selatan. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat>

Shin SH, Lim Y, Lee SE, Yang NW, & Rhee JH. (2001). CAS agar diffusion assay for the measurement of siderophore in biological fluids. *Journal Microbiol Methods*, 44(1), 89–95.
[https://doi.org/10.1016/s0167-7012\(00\)00229-3](https://doi.org/10.1016/s0167-7012(00)00229-3)

Shu, L. J., & Yang, Y. L. (2017). Bacillus Classification Based on Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry - Effects of Culture Conditions. *Scientific Reports*, 7(1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-15808-5>

Silaban, S., & Simamora, P. (2018). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penghasil Amilase dari Sampel Air Tawar Danau Toba. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 3(2), 222. <https://doi.org/10.30870/educhemia.v3i2.3438>

Siregar, Y. D. I., Heryanto, R., Lela, N., & Lestari, T. H. (2015). Karakterisasi Karbon Aktif Asal Tumbuhan dan Tulang Hewan Menggunakan FTIR dan Analisis Kemometrika. *Jurnal Kimia Valensi*, 103–116.
<https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3146>

Sodiq M, & Mujoko T. (2017). *Pengendalian Terpadu Hama dan Penyakit Tanaman Padi [Integrated Control of Pests and Diseases of Rice Plants]*. Plantaxia.

Soesanto & J. P. (2002). *Kajian Geofitopatologis Penyakit Busuk Rimpang Tanaman Jahe di Wilayah Jawa Tengah*. Jurusan HPT. Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Sudirman. Purwokerto.

Sukardiman, A. M., Prajogo B, & Rahman A. (2020). *Farmakognosi Jilid 1*. Airlangga University Press. Surabaya.

Sumardi, B. S., Agustrina, R., Irwan, B., & Pratiwi, A. (2018). The Effect of Magnetic Field Exposure on Medium to Protease Production by Bacillus sp. In *Biological Research Journal* (Vol. 4, Issue 2).
<https://doi.org/10.24233/BIOV.4.2.2018.105>

- Susanti Vh, E., Mulyani, S., Retno, S., Ariani, D., Budi Utomo, S., & Antrakusuma, B. (2021). *Phytochemical Screening Of Honey Pineapple Peel Extract And Its Application As An Antibacterial Additive In Dish Soap Formulation*. 6(1), 2021. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v6i1.4544>
- Susilowati, L. E., Ma'Shum, M., & Arifin, Z. (2021). Pemberdayaan Ekonomi Nelayan Rajungan Melalui Pengembangan Teknologi Alat Tangkap Bubu fi Desa Pemongkong Kabupaten Lombok Timur. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(4). <https://doi.org/10.29303/jpmppi.v3i2.1147>
- Suwandi, T. (2012). *Pengembangan Potensi Antibakteri Kelopak Bunga Hibiscus Sabdariffa L. (Rosela) Terhadap Sterptococcus Sanguinis Penginduksi Gingivitis Menuju Obat Herbal Terstandar* [Disertasi]. Universitas Indonesia.
- Suwarno., Rahmat, S. (2020). Analisa Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier dan Gas Terlarut Terhadap Perubahan Gugus Fungsi Komposisi Minyak Ester. *Jurnal Infotekmesin*, 11(1), 14-23. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v11i1.63>
- Syahrizal, N., Rahmadi, I., Mareta, T. D., Permana, L., Marvie, I., & Nurdin, U. S. (2022). Preparation of Nutritional Value Information on Packaging of Fruits Chips at UMKM Darsa Based on BPOM Regulation. *Journal of Agro Industry*, 39(2), 12. <https://www.researchgate.net/publication/366740550>
- Syarwani., Aisyah, S., Hadija., Nirawati. (2022). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Tanaman Aren (*Arenga pinnata*) Di Desa Bonto Somba Kabupaten Maros. *Jurnal Eboni*, 4(2). <https://doi.org/10.46918/eboni.v4i2.1496>
- Tangapo, A, M. (2020). Potensi Bakteri Endofit Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.) dalam Menghasilkan Hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) dengan Penambahan L-triptofan. *Jurnal Bios Logos*, 10(1). <https://doi.org/10.35799/jbl.10.1.2020.27980>
- Taufiq, S., Yuniarni, U., Hazar, S., & Farmasi, P. (2015). *Prosiding Penelitian SPeSIA Unisba*. Bandung.
- Ulfa A, Ekastuti R, Wresdiyati T (2020). Potensi Ekstrak Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca formatypica*) dan Uli (*Musa paradisiaca sapientum*) Menaikkan Aktivitas Superoksida Dismutase dan Menurunkan Kadar Malondialdehid Organ Hati Tikus Model Hiperkolesterolemia. *Journal Acta Veteriana Indonesia*, 8(1), 40–6. <https://doi.org/10.29244/avi.8.1.40-46>
- Santen, J. A., Jacob, G., Singh, A. L., Aniebok, V., Balunas, M. J., Bunsko, D., Neto, F. C., Castaño-Espriu, L., Chang, C., Clark, T. N., Cleary Little, J. L., Delgadillo, D. A., Dorrestein, P. C., Duncan, K. R., Egan, J. M., Galey, M. M., Haeckl, F. P., Hua, A., Hughes, A. H. Linington, R. G. (2019). The

Natural Products Atlas: An Open Access Knowledge Base for Microbial Natural Products Discovery. *ACS Central Science*, 5(11), 1824–1833.
<https://doi.org/10.1021/acscentsci.9b00806>

Verma, A. K., Dash, R. R., & Bhunia, P. (2012). A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. In *Journal of Environmental Management*, 93(1), 154–168.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.09.012>

Wardhana, V. W., Wiyono, S., Hidayat, S. H., & Widodo, W. (2021). Identifikasi dan Karakterisasi Sifat Patogenisitas Fusarium Endofit Asal Gulma dari Pertanaman Pisang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 17(1), 1–8.
<https://doi.org/10.14692/jfi.17.1.1-8>

Wardhany K H. (2014). *Khasiat Ajaib Pisang*. Rapha Publising. Yogyakarta.

Whitman, W., Vos, P., Garrity, G., Jones D, Krieg, N. R., Ludwig, W., Rainey, F. A., & Schleifer, K. (2009). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 3. Springer-Verlag.

Widarta, N. S. (2013). *Ekstraksi Komponen Bioaktif Bekatul Beras Lokal Dengan Beberapa Jenis Pelarut*. Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit jumbaran, Bandung.

Zahid, M. (2015). Antimicrobial Activity of Bacteriocins Isolated from Lactic Acid Bacteria Against Resistant Pathogenic Strains. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(3), 326.
<https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20150403.20>