

**UJI EFEKTIVITAS EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK
MANADO (*Musa x paradisiaca* L.) TERHADAP MORTALITAS HAMA
KUTU PUTIH (*Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink,
1992) PADA TANAMAN PEPAYA (*Carica papaya* L.)**

(Skripsi)

Oleh

RAHAYU FATHANAH PRATIWI

NPM 2017021072



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**UJI EFEKTIVITAS EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK
MANADO (*Musa x paradisiaca* L.) TERHADAP MORTALITAS HAMA
KUTU PUTIH (*Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink,
1992) PADA TANAMAN PEPAYA (*Carica papaya* L.)**

Oleh

RAHAYU FATHANAH PRATIWI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

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



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

UJI EFEKTIVITAS EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK MANADO (*Musa x paradisiaca* L.) TERHADAP MORTALITAS HAMA KUTU PUTIH (*Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink, 1992) PADA TANAMAN PEPAYA (*Carica papaya* L.)

Oleh

RAHAYU FATHANAH PRATIWI

Pepaya (*Carica papaya* L.) merupakan salah satu buah yang memiliki kandungan nutrisi yang beragam dan mudah dibudidayakan. *Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink, 1992 (kutu putih) adalah hama penting dalam budidaya pertanian pepaya di Indonesia. Upaya pengendalian kutu putih umumnya dilakukan menggunakan insektisida kimia. Ekoenzim sebagai larutan zat organik dapat dimanfaatkan sebagai insektisida nabati. Kandungan metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin dalam pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.) berpotensi sebagai toksin bagi serangga. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dan konsentrasi ekoenzim yang efektif dari kulit pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.) muda dan tua dalam menekan mortalitas hama kutu putih. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) 2 faktor dengan 5 perlakuan konsentrasi ekoenzim dari masing-masing kulit pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.) muda dan tua yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan menggunakan 10 ekor kutu putih setiap ulangan. Mortalitas kutu putih diamati pada jam ke 6, 12, 24, 48, dan 72 jam setelah perlakuan. Data dianalisis menggunakan analisis probit untuk menentukan nilai LC_{50} dan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan taraf 5% serta uji lanjut dengan uji *Tukey's* menggunakan aplikasi SPSS 25. Hasil analisis menunjukkan 20% ekoenzim dari kulit pisang kepok manado muda dan tua menghasilkan mortalitas tertinggi terhadap hama kutu putih pepaya. Selain itu, berdasarkan nilai LC_{50} , ekoenzim dari kulit pisang kepok manado tua lebih efektif dalam mematikan hama kutu putih pepaya setelah 48 jam perlakuan dengan nilai LC_{50} sebesar 14,71%.

Kata kunci: hama kutu putih, ekoenzim, kulit pisang kepok manado muda dan tua.

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF THE ECOENZYME OF MANADO KEPOK BANANA PEEL (*Musa x paradisiaca* L.) ON THE MORTALITY OF WHITE FLIES (*Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink, 1992) ON PAPAYA PLANTS (*Carica papaya* L.)

By

RAHAYU FATHANAH PRATIWI

Papaya (*Carica papaya* L.) is a fruit that has diverse nutritional content and is easy to cultivate. *Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink, 1992 (mealybug) is an important pest in papaya cultivation in Indonesia. Efforts to control mealybugs are generally carried out using chemical insecticides. Ecoenzymes as a solution of organic substances can be used as vegetable insecticides. The content of secondary metabolites such as alkaloids, flavonoids, saponins and tannins in the Manado kepok banana (*Musa x paradisiaca* L.) has the potential to be a toxin for insects. The aim of this research was to determine the effect and lethal concentration of ecoenzymes from young and old Manado Kepok banana peels (*Musa x paradisiaca* L.) in suppressing mealybug mortality. The experimental design used was a 2 factor Randomized Block Design (RAK) with 5 treatments of ecoenzyme concentration from each young and old Manado Kepok banana peel (*Musa x paradisiaca* L.), namely 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. Each treatment was carried out 3 times using 10 mealybugs per repetition. Mealybug mortality was observed at 6, 12, 24, 48, and 72 hours after treatment. The data were analyzed using probit analysis to determine the LC_{50} value and the Analysis of Variance (ANOVA) test with a level of 5% and further testing with the *Tukey's* test using the SPSS 25 application. The results of the analysis showed that 20% of the ecoenzymes from young and old Manado Kepok banana peels produced the highest mortality of papaya mealybug pest. In addition, based on the LC_{50} value, the ecoenzyme from Manado Tua Kepok banana peel was more effective in killing papaya mealybug pests after 48 hours of treatment with an LC_{50} value of 14.71%.

Keywords: mealybug pests, ecoenzymes, young and old Manado Kepok banana peels

Judul Skripsi : **UJI EFEKTIVITAS EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK MANADO (*Musa x paradisiaca* L.) TERHADAP MORTALITAS HAMA KUTU PUTIH (*Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink, 1992) PADA TANAMAN PEPAYA (*Carica papaya* L.)**

Nama Mahasiswa : **Rahayu Fathanah Pratiwi**

NPM : **2017021072**

Jurusan/Program Studi : **Biologi / S1 Biologi**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



Pembimbing I

Pembimbing II

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

Dzul Fithria Mumtazah, S.Pd., M.Sc.
NIP.199105212019032020

2. **Ketua Jurusan Biologi**
FMIPA Universitas Lampung

Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.
NIP. 198301312008121001

MENGENGSAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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



Sekretaris

: Dzul Fithria Mumtazah, S.Pd., M.Sc.

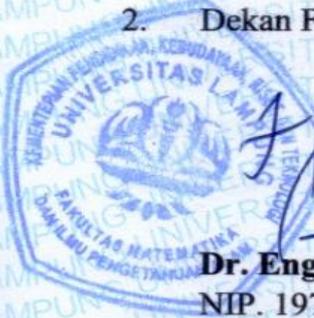


Anggota

: Rochmah Agustrina, Ph.D.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 14 Juni 2024

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Rahayu Fathanah Pratiwi
NPM : 2017021072
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

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

**“UJI EFEKTIVITAS EKOENZIM DARI KULIT PISANG KEPOK
MANADO (*Musa x paradisiaca* L.) TERHADAP MORTALITAS HAMA
KUTU PUTIH (*Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink, 1992)
PADA TANAMAN PEPAYA (*Carica papaya* L.)”**

Baik 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. Jika dikemudian hari terbukti karya saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik.

Bandar Lampung, 26 Juni 2024
Yang Menyatakan



Rahayu Fathanah Pratiwi
NPM. 2017021072

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Marga Kencana, Tulang Bawang Barat, Lampung pada tanggal 16 September 2001, sebagai anak bungsu dari enam bersaudara, dari pasangan Bapak Alm. Musimin dan Ibu Mulyanti.

Penulis menempuh Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 3 Marga Kencana pada tahun 2008-2014. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan pada tingkah Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 1 Tulang Bawang Udik pada tahun 2014-2017 dan menyelesaikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Tumijajar, Tulang Bawang Barat pada tahun 2017-2020. Tahun 2020 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 (S.Si) pada tahun 2024.

Selama perkuliahan, penulis pernah menjadi Anggota Biro Kesekretariatan dan Logistik Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) FMIPA Unila dan anggota Bidang Hubungan Masyarakat di Unit Kegiatan Mahasiswa ROIS FMIPA Unila pada tahun 2020-2021. Penulis pernah menjadi Staff Ahli Dinas Sains dan Pengabdian Masyarakat Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA Unila pada tahun 2022. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum Botani Tingkat Tinggi di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Pada awal tahun 2023 penulis menyelesaikan Kerja Praktik (KP) di Balai Pelatihan Pertanian Lampung (BPP Lampung), Natar, Lampung Selatan, Lampung dengan Judul “Pengaruh Pemberian Mikroorganisme Lokal (MOL) dari Batang Pisang dan Yakult Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kangkung Darat (*Ipomoea reptans*) di Balai Pelatihan Pertanian Lampung (BPP) Lampung”. Pada bulan juli 2023 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Harapan Jaya, Kecamatan Kedondong, Kabupaten Pesawaran, Lampung selama 40 hari. Penulis melaksanakan kegiatan penelitian di Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam pada bulan Januari hingga Maret 2024.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin

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

Kedua orang tuaku tercinta

Terutama ibu yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini dan tak putus-putusnya selalu mendoakan. Bapak yang belum sempat melihat anak bungsunya meraih gelar sarjana.

Kakak-kakakku tersayang,

Dukungan, semangat, dan kasih sayang kalian selalu membangkitkanku.

Segenap keluarga besarku yang selalu memberikan motivasi dan mendukungku.

Bapak dan Ibu dosen yang telah senantiasa mendidik dan memberikan ilmu yang bermanfaat dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.

Sahabat-sahabatku, teman seperjuanganku yang selalu memberikan semangat dan selalu ada saat suka maupun duka.

Almamaterku tercinta Universitas Lampung.

MOTTO

“Inna ma’al ‘usri yusro”

Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah : 6)

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu. Boleh jadi juga kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu. Allah maha mengetahui, sedangkan kamu tidak mengetahui”

(QS. Al-Baqarah : 216)

“Jangan engkau bersedih, sesungguhnya Allah bersama kita”

(QS. At Taubah : 40)

“Jangan terlalu bergantung pada siapapun di dunia ini, karena bayanganmu saja meninggalkanmu disaat gelap”

(Ibnu Taymiyyah)

“Orang lain tidak akan bisa paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tahu hanya bagian *success stories*. Maka berjuanglah untuk diri sendiri walaupun tidak ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita di masa depan yang akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini

SANWACANA

Alhamdulillah, Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Uji Efektivitas Ekoenzim dari Kulit Pisang Kepok Manado (*Musa x paradisiaca* L.) Terhadap Mortalitas Hama Kutu Putih (*Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink, 1992) Pada Tanaman Pepaya (*Carica papaya* L.)”** yang merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

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

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A I.P.M selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Jani Master, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si. selaku Ketua Prodi S1-Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
5. Ibu Gina Dania Pratami, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang sangat baik hati dan dengan sabar memberikan arahan, bimbingan, nasihat, serta banyak ilmu kepada penulis hingga terselesainya skripsi ini.

6. Ibu Dzul Fithria Mumtazah, S.Pd., M.Sc. selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dengan sabar, memberikan banyak ilmu, arahan, nasihat, serta motivasi selama proses penulisan skripsi ini.
7. Ibu Rochmah Agustrina Ph.D. selaku dosen pembahas yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan, arahan, kritik, serta masukan dalam memperbaiki penyusunan skripsi ini menjadi lebih baik
8. Bapak Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan saran, dukungan, dan selalu senantiasa membimbing penulis selama perkuliahan.
9. Kedua orang tuaku tercinta, (Alm) Bapak Musimin dan Ibu Mulyanti terima kasih telah memberikan segalanya, selalu mendo'akan penulis, dengan sabar mendidik penulis, memberikan cinta, kasih sayang dan materi, serta selalu mendukung dan mengupayakan yang terbaik untuk anak-anaknya.
10. Teruntuk kakak-kakakku tersayang Nanang Praptono, Sidik Pratiknyo, Rosit Mulyono, Rohmad Wardoyo, dan Hidayat Prayogi S.Kep, yang selalu memberikan do'a, dukungan, nasihat, dan motivasi kepada adiknya.
11. Kepada teteh Soleha, mas Fajar, dan ibu Rusnah, S.E., serta keluarga besar Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung yang tidak bisa disebutkan satu-persatu. Terimakasih telah memberikan banyak ilmu, bimbingan, nasihat, dan bantuan kepada penulis.
12. Kepada kak Viki Ramadan, S.Si., kak Aminudin, S.Si., dan kak Annisa Zahwa Salsabila, S.Si., yang telah memberikan banyak ilmu dan bantuan dalam menyelesaikan penelitian.
13. Kepada teman-teman penelitian Meli Agustin, Arum Zahara, Siti Amanda, dan Iqbal Syaifullah yang sudah selalu semangat dalam menyelesaikan penelitian
14. Kepada sahabatku Diana Salsabila, Himas Agung Dekaruni, Mega Astuti, dan Novitasari Anggreani, yang selalu memberikan bantuan, semangat, dan tempat untuk berkeluh kesah. Terima kasih telah kebersamaan penulis selama masa perkuliahan dan menyelesaikan penelitian.

15. Kepada putri solo team (citara, dinda, diana, meli), dan Shifa Anjani.
Terimakasih sudah menemani penulis selama menjadi mahasiswa baru hingga menyelesaikan masa perkuliahan.
16. Teman-teman seperjuangan Biologi 2020, terimakasih atas kebersamaan, pengalaman, bantuan, dukungan selama masa perkuliahan hingga saat ini masih berjuang bersama-sama.

Akhir kata, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik, saran, dan masukan yang membangun. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi orang lain yang membacanya.

Bandar Lampung, 26 Juni 2024
Penulis

Rahayu Fathanah Pratiwi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	5
1.3 Kerangka Pikir.....	5
1.4 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pisang Kepok Manado (<i>Musa x paradisiaca</i> L.).....	7
2.1.1 Morfologi Pisang Kepok Manado	8
2.1.2 Manfaat Kulit Pisang Kepok Manado	9
2.2 Kandungan Senyawa Aktif Kulit Pisang Kepok Manado	10
2.2.1 Alkaloid	11
2.2.2 Flavonoid.....	12
2.2.3 Saponin.....	13
2.2.4 Tanin.....	15
2.3 Ekoenzim	16
2.3.1 Fermentasi Ekoenzim	17
2.3.2 Asam Organik dalam Ekoenzim.....	17
2.3.3 Enzim dalam Ekoenzim.....	19
2.3.4 Unsur Hara dalam Ekoenzim.....	20
2.4 Tanaman Pepaya.....	21
2.5 Kutu Putih Tanaman Pepaya (<i>P. marginatus</i>).....	24

2.5.1	Biologi Kutu Putih (<i>P. marginatus</i>)	24
2.5.2	Siklus Hidup Kutu Putih (<i>P. marginatus</i>)	25
2.5.3	Gejala Serangan Kutu Putih (<i>P. marginatus</i>).....	26
2.6	Mekanisme Kerja Ekoenzim Sebagai Insektisida pada Tubuh Serangga	28
III.	METODE PENELITIAN.....	30
3.1	Waktu dan Tempat.....	30
3.2	Alat dan Bahan	30
3.3	Rancangan Penelitian	31
3.4	Prosedur Penelitian	31
3.4.1	Pembuatan Ekoenzim	31
3.4.2	Pembuatan Larutan Uji.....	32
3.4.3	Persiapan Serangga Uji.....	32
3.4.4	Uji Aktivitas Ekoenzim	33
3.4.5	Analisis Data	33
3.4.6	Diagram Alir Penelitian.....	34
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1	Pengaruh Ekoenzim dari Kulit Pisang Kepok Manado Muda dan Tua Terhadap Mortalitas Hama Kutu Putih Pada Tanaman Pepaya	35
4.2	Analisis Probit LC ₅₀ Ekoenzim dari Pisang Kepok Manado Muda dan Tua	41
V.	SIMPULAN DAN SARAN	45
5.1	Simpulan.....	45
5.2	Saran	45
	DAFTAR PUSTAKA	46
	LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perbandingan ekoenzim kulit pisang kepok manado dengan akuades.....	32
2. Tabel hasil uji <i>two way Analysis of Variance</i> (ANOVA) pengaruh ekoenzim dari kulit pisang kepok manado muda terhadap kutu putih pada konsentrasi dan waktu yang berbeda	36
3. Tabel hasil uji <i>two way Analysis of Variance</i> (ANOVA) pengaruh ekoenzim dari kulit pisang kepok manado tua terhadap kutu putih pada konsentrasi dan waktu yang berbeda.....	36
4. Rata-rata mortalitas kutu putih berdasarkan pengaruh interaksi antara konsentrasi dengan waktu	37
5. Rata-rata mortalitas kutu putih berdasarkan pengaruh interaksi antara konsentrasi dengan waktu	37
6. Nilai probit LC_{50} ekoenzim dari kulit pisang kepok manado muda terhadap mortalitas kutu putih tanaman pepaya pada waktu pengamatan yang berbeda	42
7. Nilai probit LC_{50} ekoenzim dari kulit pisang kepok manado tua terhadap mortalitas kutu putih tanaman pepaya pada waktu pengamatan yang berbeda	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. (a) Buah pisang kepok manado muda (<i>Musa x paradisiaca</i> L.) (b) Buah pisang kepok manado tua (<i>Musa x paradisiaca</i> L.)	8
2. Struktur kimia senyawa alkaloid	11
3. Struktur kimia senyawa flavonoid	13
4. Struktur kimia senyawa saponin steroid dan saponin triterpenoid.....	14
5. Struktur kimia senyawa tanin.....	15
6. Tanaman pepaya (<i>C. papaya</i> L.)	22
7. Kutu putih (<i>P. marginatus</i>)	24
8. Skema tahapan perkembangan <i>P. marginatus</i>	26
9. Serangan <i>P. marginatus</i> pada tanaman pepaya.....	27
10. Diagram alir penelitian.....	34
11. Mortalitas kutu putih akibat perlakuan ekoenzim dari kulit pisang kepok manado muda	35
12. Mortalitas kutu putih akibat perlakuan ekoenzim dari kulit pisang kepok manado tua	35

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Pepaya merupakan salah satu buah yang bernilai ekonomi tinggi dan banyak digemari masyarakat (Ardiansyah, 2020). Buah pepaya (*Carica papaya* L.) merupakan buah penting karena kandungan nutrisinya yang beragam (Oktofani dan Suwandi, 2019). Nilai nutrisi buah pepaya yang tinggi dan bisa dikonsumsi secara langsung maupun dalam bentuk produk hasil olahan. Buah ini mengandung protein, vitamin A, vitamin C, dan mineral (kalsium dan kalium). Selain itu, buah pepaya juga memiliki kandungan lemak yang rendah, karbohidrat, energi, dan air (Suketi *et al.*, 2020).

Tanaman pepaya merupakan komoditas hortikultura yang mudah untuk dibudidayakan, namun selama masa pertumbuhan dan perkembangan tanaman pepaya menemui banyak kendala, seperti gangguan hama maupun penyakit tanaman sehingga kualitas dan kuantitas produksi buah pepaya menurun. Hama yang sering menyerang tanaman pepaya adalah kutu putih atau *Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink, 1992 (Hemiptera: Pseudococcidae). *P. marginatus* merupakan hama penting bagi pertanian pepaya di Indonesia. Kutu putih ini bersifat polifag dan dapat menginfeksi beberapa spesies tanaman (Thalib *et al.*, 2014).

Karena kutu putih bersifat polifag, mereka dapat berpindah dan menyerang tanaman lain setelah tanaman pepaya yang diserangnya mati (Walker *et al.*, 2006). Kutu putih menyerang tanaman pepaya pada bagian daun muda dan buah untuk menghisap makanan. Serangan kutu putih yang berat akan menyebabkan tanaman mati ditandai dengan daun kering seperti terbakar, buah yang ukurannya mengecil, dan pertumbuhan tanaman yang menjadi kerdil (Maharani *et al.*, 2016).

Menurut Thalib *et al.* (2014) gejala serangan kutu putih pepaya yaitu adanya koloni kutu putih yang terdiri dari ratusan individu. Tanaman pepaya yang diserang kutu putih akan menunjukkan gejala pucuk dan daun-daun berkeriput hingga menjadi kerdil. Kutu putih juga menghasilkan embun madu yang dapat ditumbuhi cendawan jelaga sehingga menimbulkan warna hitam pada tanaman pepaya. Selain itu, serangan kutu putih juga akan berpengaruh terhadap bobot buah pepaya jika ditimbang, apabila terjadi serangan yang berat maka kulit buah pepaya akan berwarna hitam, membusuk dan keriput sehingga buah tersebut tidak dapat dikonsumsi dan dijual ke pasaran (Salsabila *et al.*, 2022).

Pengendalian serangan kutu putih yang besar sering dilakukan petani secara mekanis, penyemprotan air bertekanan tinggi pada koloni kutu putih, dan penyemprotan insektisida berbahan kimia (Sartiami *et al.*, 2009). Pengendalian hama menggunakan insektisida kimia yang berlebihan dapat berakibat buruk seperti keracunan bagi petani, residu pestisida dapat mengendap di tanah, dan pestisida yang disemprotkan ke tanaman diserap daun, batang, dan akar tanaman (Yuantri *et al.*, 2013).

Pengendalian hama yang ramah lingkungan dapat dilakukan dengan menggunakan insektisida nabati. Penggunaan insektisida nabati bertujuan untuk menghasilkan produk pertanian yang sehat, aman untuk dikonsumsi, bebas dari kontaminasi bahan kimia beracun, dan ramah lingkungan (Syakir, 2011). Salah satu insektisida nabati yang dapat digunakan untuk

mengatasi serangan hama *P. marginatus* pada tanaman pepaya (*C. papaya* L.) adalah dengan pemberian ekoenzim dari bahan kulit buah pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.).

Ekoenzim adalah larutan berupa zat organik kompleks yang memiliki warna coklat gelap dan berbau asam segar yang kuat, dihasilkan melalui fermentasi sisa sayur atau buah yang diberi tambahan gula dan air (Munir *et al.*, 2021). Ekoenzim memiliki banyak manfaat bagi kehidupan manusia, yakni sebagai pupuk organik, pembersih alat rumah tangga, dan insektisida (Neupane *et al.*, 2019). Ekoenzim juga dapat digunakan sebagai biopestisida karena mengandung beberapa metabolit yang merupakan agen pestisida seperti flavonoid, kuinon, saponin, alkaloid, dan kardio glikosida (Vama dan Cherekar, 2020). Produk ekoenzim merupakan produk yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi jumlah sampah organik rumah tangga, khususnya sampah organik dari sayuran dan buah-buahan (Mahali *et al.*, 2022).

Pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.) merupakan salah satu buah yang mudah ditemukan, namun sejauh ini kulit buahnya masih jarang dimanfaatkan (Dewangga dan Qurrohman, 2020). Menurut penelitian Nabilah dan Pratiwi (2019) menghasilkan bahwa kulit pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.) mengandung unsur karbon, nitrogen, fosfor, dan kalium sehingga dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk pertumbuhan tanaman. Berdasarkan uji fitokimia (Lumawo dan Bardin, 2018) diketahui bahwa kulit pisang kepok manado mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, tanin/polifenol, saponin dan triterpenoid. Senyawa tanin atau polifenol merupakan salah satu *anti-feedant* bagi serangga karena bahan aktif ini bersifat pahit. Serangga cenderung tidak memakan daun atau buah yang rasanya pahit. Kandungan senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam kulit pisang kepok ini berpotensi sebagai insektisida.

Secara fisiologis dan biologis terdapat perbedaan antara pisang kepok manado yang sudah tua dan yang masih muda. Ketika pisang kepok manado sudah tua terjadi proses klimakterik menghasilkan peningkatan produksi gas etilen. Akibatnya kandungan senyawa metabolit yang terkandung dalam kulit pisang kepok manado muda dan tua berbeda. Pisang kepok yang sudah tua mengalami oksidasi yang dilakukan oleh enzim polifenol oksidase, memproduksi pigmen melanin sehingga menyebabkan kulit pisang kepok berwarna kuning dengan bercak kecoklatan (Nurmin *et al.*, 2018). Dalam daging buah pisang kepok terdapat sekitar 11,21% flavonoid, sementara pada kulit buah pisang kepok mencapai 24,6% (Dinastuti *et al.*, 2015).

Hasil penelitian sebelumnya (Salsabila, 2023) membuktikan bahwa ekoenzim kulit pisang kepok manado muda pada konsentrasi 50% dan 75% efektif menghambat pertumbuhan bakteri *Xanthomonas campestris* dan *Bacillus sp.* tetapi tidak efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium sp.* Sedangkan ekoenzim dari kulit pisang kepok manado tua pada konsentrasi 50% dan 75% efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Xanthomonas campestris*, *Bacillus sp.* maupun jamur *Fusarium sp.* (Aminudin, 2023). Istikomah (2023) membuktikan bahwa ekoenzim kulit pisang ambon dan kulit jeruk dengan konsentrasi 20% mampu mematikan sebanyak 88% populasi hama penggerek buah kopi.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan uji efektivitas ekoenzim kulit pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.) muda dan tua terhadap mortalitas hama kutu putih (*P. marginatus*) pada tanaman pepaya (*C. papaya* L.).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mengetahui pengaruh ekoenzim dari kulit buah pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.) muda dan tua terhadap mortalitas hama kutu putih (*P. marginatus*) pada tanaman pepaya (*C. papaya* L.).
2. Mengetahui konsentrasi ekoenzim dari kulit buah pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.) muda dan tua yang paling efektif dalam mengendalikan hama kutu putih (*P. marginatus*) pada tanaman pepaya (*C. papaya* L.).

1.3 Kerangka Pikir

Tanaman pepaya (*C. papaya* L.) merupakan salah satu tanaman buah herba bernilai ekonomi tinggi, mudah dibudidayakan dan menghasilkan buah bernutrisi tinggi. Namun budidaya pepaya masih menemui banyak kendala, salah satunya serangan hama kutu putih pepaya (*P. marginatus*) yang dapat menurunkan kualitas dan kuantitas produksi buah pepaya. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian untuk menekan pertumbuhan kutu putih pada tanaman pepaya tetapi juga tidak menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan.

Pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan adalah menggunakan insektisida nabati. Penggunaan insektisida nabati bertujuan untuk menghasilkan produk pertanian yang sehat, aman untuk dikonsumsi, bebas dari kontaminasi bahan kimia beracun, dan ramah lingkungan. Salah satu insektisida nabati untuk mengatasi serangan kutu putih pada tanaman pepaya adalah ekoenzim dari kulit pisang kepok manado muda dan tua. Cairan ekoenzim juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik, pembersih alat rumah tangga, dan insektisida nabati. Selain itu ekoenzim

juga mengandung beberapa enzim seperti lipase, amilase, dan protease, asam laktat dan asam nitrat, serta unsur hara yang dapat membantu pertumbuhan tanaman.

Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa kulit pisang kepok manado mengandung senyawa metabolit sekunder seperti senyawa flavonoid, alkaloid, tanin/polifenol, saponin dan triterpenoid. Senyawa-senyawa tersebut dapat berperan sebagai insektisida karena bersifat toksik terhadap serangga. Adanya perbedaan kadar kandungan metabolit sekunder pada tingkat kematangan buah yaitu pisang kepok muda dan tua akan menyebabkan daya toksisitas yang berbeda bagi serangga.

Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian ekoenzim dari kulit pisang kepok manado muda dan tua terhadap hama kutu putih (*P. marginatus*) yang menyerang tanaman pepaya. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi tertulis tentang potensi ekoenzim dari kulit pisang kepok manado muda dan tua dalam mengendalikan pertumbuhan hama kutu putih (*P. marginatus*) pada tanaman pepaya (*C. papaya* L.).

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut

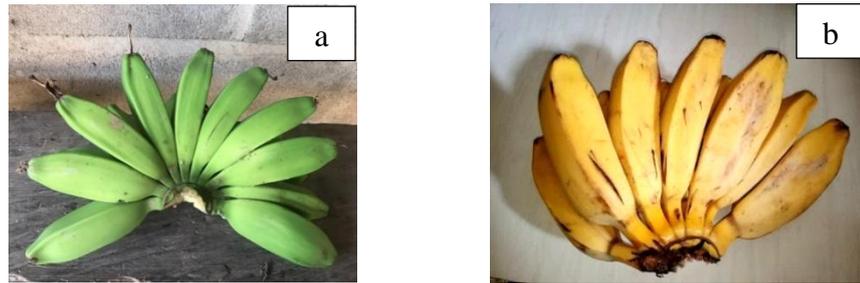
1. Ekoenzim dari kulit pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.) muda dan tua dapat meningkatkan mortalitas hama kutu putih (*P. marginatus*) pada tanaman pepaya (*C. papaya* L.).
2. Diperoleh konsentrasi ekoenzim dari kulit pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.) muda dan tua yang paling efektif untuk mengendalikan hama kutu putih (*P. marginatus*) pada tanaman pepaya (*C. papaya* L.).

II. TINJAUAN PUSTAKA

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

Pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.) merupakan salah satu pisang yang mempunyai keragaman kultivar yang tinggi dengan genom yang berbeda-beda. Adanya perbedaan genom dapat menyebabkan variasi struktur morfologi dan viabilitas polen pada setiap kultivar pisang kepok (Ernawati *et al.*, 2021). Pisang kepok manado disebut juga sebagai *plantain* atau pisang olahan. Akan tetapi, selain dapat dijadikan olahan pisang kepok manado juga dapat dikonsumsi secara langsung jika sudah berwarna kuning (Wahyuni, 2015).

Buah pisang kepok manado merupakan salah satu komoditas hortikultura yang mudah dibudidayakan dan memiliki kandungan gizi yang cukup terutama serat dan kalium. Kandungan mineral lain dalam pisang kepok antara lain magnesium, fosfor, besi, dan kalsium. Selain itu pisang kepok juga mengandung vitamin yaitu vitamin C, vitamin B kompleks, dan serotonin (Ambarita, *et al.*, 2016). Buah pisang kepok yang masih muda akan berwarna hijau (**Gambar 1(a)**) sedangkan buah pisang kepok yang sudah tua akan berwarna kuning emas (**Gambar 1(b)**).



Gambar 1. (a) Buah pisang kepok manado muda (*Musa x paradisiaca* L.).
 (b) Buah pisang kepok manado tua (*Musa x paradisiaca* L.)
 (Dokumentasi Pribadi, 2023).

2.1.1 Morfologi Pisang Kepok Manado

Pisang kepok manado memiliki habitus herba dengan pelepah yang besar dan tingginya yang mencapai 3-4 m. Pisang kepok manado mempunyai daun yang lebar, tebal, dan berwarna hijau tua. Buah pisang kepok yang masih muda berwarna hijau kusam sedangkan buah yang sudah masak berwarna kuning kusam (Mukhoyaroh dan Lukman, 2022). Sistem perakaran tanaman pisang kepok yaitu akar serabut yang berwarna kecoklatan dan agak keputihan. Akarnya tumbuh bertumpuk satu sama lain dan memiliki bonggol yang menjadi pusat pertumbuhan akar dan lokasi tumbuhnya tunas baru (Suryani dan Owbel, 2019).

Batang pisang kepok manado berbentuk bulat silindris berlapis-lapis dan mengandung banyak air. Air dalam batang pisang ditemukan ketika tanaman pisang kepok manado terluka atau tersayat yang disebut dengan getah. Batang pisang kepok manado berwarna hijau muda hingga agak kecoklatan dan tidak menghasilkan kambium sehingga teksturnya lunak. Batang pohon pisang kepok manado berperan sebagai penghasil daun jantung tanaman pisang (Sinta, 2023).

Daun pada tanaman pisang kepok manado terletak tersebar dengan helaian daunnya berbentuk lanset memanjang. Daun termuda terbentuk di tengah tanaman, menggulung dan terus memanjang. Kemudian membuka secara bertahap. Helaian daun memiliki panjang 1,5-3 m dan lebar 30-70 cm dengan bagian bawah daun berlilin, tulang tengah daun tersusun sejajar dan menyirip (Permana *et al.*, 2019).

Adapun klasifikasi pisang kepok manado menurut Suyanti dan Ahmad (1992) adalah sebagai berikut :

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

2.1.2 Manfaat Kulit Pisang Kepok Manado

Tanaman pisang memiliki banyak manfaat mulai dari bagian daun hingga akarnya, terutama pada bagian buah yang dapat dikonsumsi baik secara langsung maupun produk olahan. Bagian lain tanaman pisang juga dapat dimanfaatkan seperti daun, batang, jantung, dan kulit buah (Wulandari, 2009). Pisang kepok telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat, antara lain sebagai pembuatan sirup glukosa (Albaasith *et al.*, 2014), tepung kulit pisang (Hidiarti dan Srimiati, 2019), bahan baku pembuatan kertas (Novianti *et al.*, 2016), pembuatan bioetanol (Wusnah *et al.*, 2019), dan sebagainya. Kulit pisang kepok (*Musa x paradisiaca* L.) dapat digunakan sebagai salah satu sumber obat tradisional karena mengandung

senyawa fenolik dan bahan aktif lainnya seperti tanin dan flavonoid (Wardini dan Sulandjari, 2017).

Kulit pisang kepok mengandung unsur hara nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, dan natrium yang dapat membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman sehingga meningkatkan produktivitas tanaman (Soeryako, 2011). Berdasarkan penelitian Nababan *et al.* (2022) menyatakan bahwa kulit pisang kepok mengandung senyawa metabolit sekunder yaitu alkaloid, tanin, saponin, dan steroid/terpenoid melalui uji fitokimia. Senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, tanin dan saponin pada tumbuhan berpotensi sebagai insektisida karena bersifat toksik terhadap hewan (Pedro *et al.*, 2014).

2.2 Kandungan Senyawa Aktif Kulit Pisang Kepok Manado

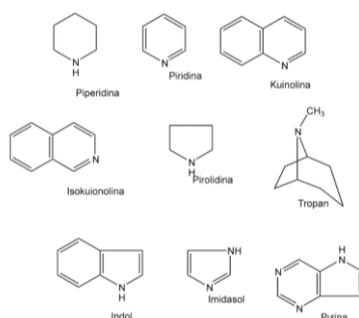
Senyawa aktif merupakan metabolit sekunder termasuk alkaloid, flavonoid, terpenoid, tanin, dan saponin. Kandungan senyawa metabolit sekunder dalam suatu tanaman dapat diketahui melalui metode uji fitokimia (Prayoga *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil uji fitokimia (Supriyanti *et al.*, 2015) membuktikan bahwa kulit pisang kepok mengandung senyawa metabolit sekunder yang berpotensi sebagai antioksidan. Skrining hasil uji fitokimia pada kulit pisang kepok diketahui bahwa senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam kulit pisang kepok manado antara lain flavonoid, alkaloid, fenol, saponin, dan tanin (Ariana dan Niah, 2019).

2.2.1 Alkaloid

Alkaloid adalah senyawa metabolit sekunder yang memiliki satu atau lebih unsur nitrogen dengan sifat basa. Senyawa alkaloid banyak ditemukan pada bagian tanaman seperti akar, batang, daun dan biji. Alkaloid dalam tumbuhan selain memberikan perlindungan terhadap serangan penyakit juga berfungsi sebagai pengganti mineral yang bersifat basa dalam menjaga keseimbangan ion tumbuhan karena alkaloid sifatnya basa (Ningrum *et al.*, 2016). Alkaloid merupakan senyawa metabolit sekunder yang banyak mengandung atom nitrogen. Sebagian besar senyawa alkaloid ditemukan pada tumbuhan terutama angiosperm. Lebih dari 20% spesies angiosperm mengandung alkaloid. Alkaloid dapat ditemukan pada bagian tumbuhan seperti bunga, biji, daun, daun, ranting, akar, dan kulit batang. Alkaloid biasanya ditemukan dalam jumlah sedikit dan perlu diisolasi dari campuran senyawa kompleks yang berasal dari jaringan tanaman (Egra *et al.*, (2019).

Berdasarkan penelitian Kurniawan *et al.* (2021) menjelaskan bahwa senyawa alkaloid bersifat toksik, *repellent* dan memiliki aktivitas penghambat makan pada serangga atau disebut *antifeedant*. Menurut Aseptianova *et al.* (2017) senyawa alkaloid dapat menghambat fungsi sistem saraf dan merusak membran sel.

Berikut merupakan struktur inti 9 kelompok alkaloid (**Gambar 2**).



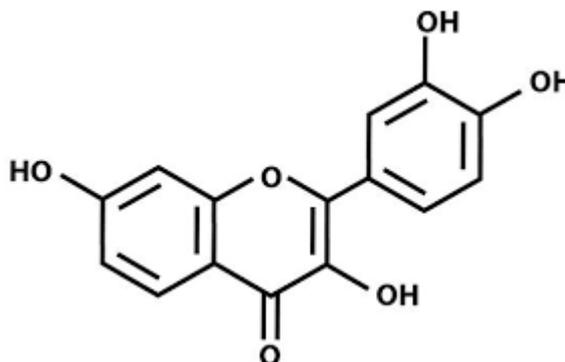
Gambar 2. Struktur kimia senyawa alkaloid (Sukadirman *et al.*, 2020).

2.2.2 Flavonoid

Flavonoid adalah kelompok metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tumbuhan dan termasuk kelompok besar polifenol. Senyawa ini dapat ditemukan pada setiap bagian tumbuhan seperti daun, akar, kayu, serbuk sari, nektar, bunga, buah dan biji. Flavonoid memiliki kemampuan menangkap radikal bebas dan menghambat oksidasi lipid (Banjarnahor dan Artanti, 2014). Flavonoid memiliki efek menghambat hormon di otak, ekdison, dan pertumbuhan (*juvenil hormone*) yakni hormon yang berperan utama dalam pertumbuhan larva, sehingga menghambat metamorfosis (Kurniawan *et al.*, 2013). Senyawa flavonoid dapat bersifat racun dengan menghambat metabolisme dan sistem saraf yang bekerja lambat sehingga menyebabkan kelumpuhan pada alat mulutnya yang kemudian menyebabkan kematian (Rusandi *et al.*, 2016).

Berdasarkan penelitian Embrikawentar dan Ratnasari (2019) menjelaskan bahwa senyawa flavonoid juga memiliki kemampuan sebagai racun perut serangga. Flavonoid yang masuk ke dalam tubuh serangga kemudian masuk ke saluran pencernaan menyebabkan gangguan pada sistem pencernaan. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian Qinahyu dan Cahyati (2016) menghasilkan bahwa senyawa flavonoid dapat bekerja sebagai insektisida. Senyawa flavonoid akan menghambat kerja mitokondria dalam sel. Mitokondria merupakan organel yang berfungsi sebagai tempat terjadinya respirasi dan berperan dalam metabolisme energi serta pembentukan ATP (*Adenin Tri Fosfat*). Jika terjadi gangguan pada mitokondria, proses produksi ATP dapat terhambat, sehingga pengikatan oksigen menjadi rendah dan penggunaan oksigen oleh mitokondria tidak optimal maka

dapat mengakibatkan gangguan pada pernapasan. Berikut ini merupakan struktur senyawa flavonoid (**Gambar 3**)



Gambar 3. Struktur kimia senyawa flavonoid (Gloriana *et al.*, 2021).

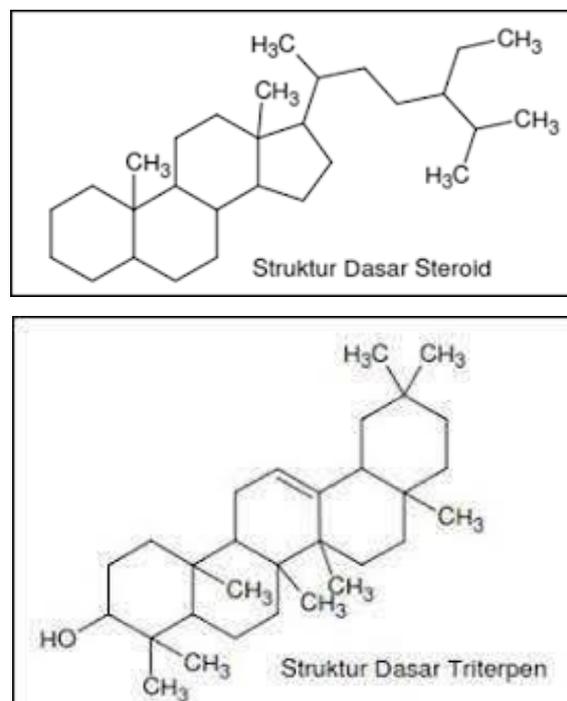
2.2.3 Saponin

Saponin adalah salah satu senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada tumbuhan. Saponin mempunyai kemampuan membentuk busa dan mengandung aglikon polisiklik yang terikat pada satu atau lebih gula (Majinda, 2012). Struktur saponin merupakan glikosida yang terdiri atas glikon dan aglikon. Bagian glikon terdiri dari gula seperti glukosa, fruktosa, dan jenis gula lainnya sedangkan bagian aglikonnya adalah sapogenin. Karena sifat amfipatiknya membuat bahan alami yang mengandung saponin berperan sebagai surfaktan (Nurzaman, 2018).

Berdasarkan penelitian Lumawo dan Syahril (2017) membuktikan bahwa kulit pisang kepok (*Musa x paradisiaca* L.) mengandung senyawa saponin yang ditandai dengan terbentuknya busa pada hasil uji fitokimia. Senyawa saponin berpotensi sebagai insektisida karena dapat menghambat pertumbuhan dan menyebabkan kematian serangga. Saponin adalah salah satu steroid yang bersifat *anti-feeding* dan *repellent* bagi serangga. Apabila serangga memakan tanaman yang mengandung saponin

maka akan mengakibatkan lisis pada sel mukosa usus serangga karena saponin akan meningkatkan permeabilitas membran sel.

Menurut Aseptianova *et al.* (2017) senyawa saponin dapat merusak mukosa kulit dan jika terserap akan menyebabkan hemolisis sel darah sehingga menghambat pernapasan dan mengakibatkan kematian. Selain itu, pengaruh lain yang ditimbulkan oleh senyawa saponin pada serangga yaitu gangguan fisik pada kutikula (bagian luar). Lapisan lilin yang melindungi tubuh serangga akan hilang akibat senyawa saponin sehingga menyebabkan kematian karena kehilangan cairan tubuh yang signifikan. Saponin juga mengakibatkan penurunan aktivitas enzim pencernaan dan penyerapan, serta mengganggu metabolisme tubuh. Saponin pada tumbuhan dibagi menjadi dua kelompok yakni steroid dan triterpenoid (Arifin, 2018). Berikut ini merupakan gambar struktur kimia Saponin Steroid dan Saponin Triterpenoid (**Gambar 4**).

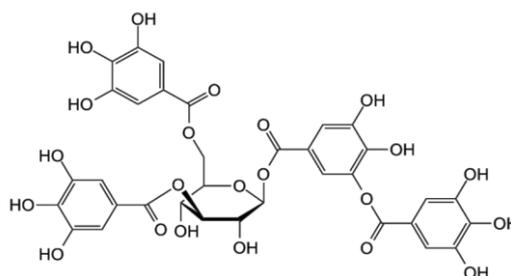


Gambar 4. Struktur kimia senyawa Saponin Steroid dan Saponin Triterpenoid (Putri *et al.*, 2023).

2.2.4 Tanin

Tanin merupakan senyawa polifenol yang mempunyai gugus hidroksil kompleks dengan bentuk yang beragam. Senyawa tanin memiliki berat molekul tinggi 500 sampai 20.000 Da (Elgailani dan Christine, 2016). Tanin adalah senyawa kimia yang diklasifikasikan sebagai senyawa polifenol (Ghamba *et al.*, 2014). Bahan aktif tanin atau polifenol adalah sebagai *anti-feedant* bagi serangga. Bahan aktif tanin bersifat pahit sehingga serangga tidak memakan daun yang berasa pahit. Mekanisme tanin dalam sistem pencernaan makanan yaitu tanin dapat terikat pada protein, mineral, dan karbohidrat dalam tubuh serangga sehingga mengganggu proses pencernaan (Febriyanti dan Rahayu, 2012).

Senyawa tanin bersifat racun dapat merusak membran sel sehingga mempermudah zat beracun lain menuju ke dalam jaringan tubuh serangga (Asfi *et al.*, 2015). Menurut Basundari *et al.* (2018) senyawa tanin diduga mengakibatkan gangguan pada sistem pencernaan larva karena bersifat toksik. Tanin sebagai senyawa polifenol memiliki kemampuan membentuk senyawa kompleks dengan protein. Tanin tidak dapat dicerna oleh lambung dan mampu berikatan dengan protein, karbohidrat, vitamin, dan mineral. Tanin dapat mengganggu serangga dalam mencerna makanan karena tanin akan mengikat protein dalam sistem pencernaan yang diperlukan untuk pertumbuhan serangga. Berikut ini merupakan struktur kimia senyawa tanin (**Gambar 5**)



Gambar 5. Struktur kimia senyawa tanin (Yusi, 2018).

2.3 Ekoenzim

Ekoenzim pertama kali ditemukan oleh Dr. Rasukan Poompanvong dari Thailand. Beliau melakukan penelitian mengenai pengolahan sisa limbah organik yang sudah tidak berguna menjadi enzim bermanfaat dan ramah lingkungan (Dewi *et al.*, 2017). Ekoenzim sebagai larutan zat organik diperoleh dari fermentasi sisa limbah organik, gula, dan air. Cairan ekoenzim akan berwarna sesuai dengan bahan organik dan gula yang digunakan serta beraroma asam/ segar yang kuat (Hemalatha dan Visantini, 2020). Enzim diperoleh melalui fermentasi campuran gula merah air, dan limbah sisa sayuran atau buah (Nazim dan Meera, 2013). Metode fermentasi ekoenzim ditemukan oleh para peneliti dari Thailand dengan mengembangkan solusi untuk mengolah sampah organik buah dan sayur yang kemudian disebut dengan sampah enzim atau ekoenzim. Ekoenzim yakni berupa bahan organik yang mengandung asam organik, enzim, serta garam mineral yang dihasilkan melalui fermentasi sayur atau kulit buah dengan gula dicampur air (Larasati *et al.*, 2020).

Bahan yang digunakan dalam pembuatan ekoenzim yaitu limbah organik seperti kulit buah atau sayur dan air dengan perbandingan air : limbah organik : molase (gula) yaitu 10 : 3 : 1. Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk menghasilkan ekoenzim memiliki peranannya masing-masing. Gula molase merupakan produk limbah dari proses produksi gula dan mengandung mikroorganisme aktif (Rochyani *et al.*, 2020). Air dalam pembuatan ekoenzim berperan sebagai media pemisah antara fase padat terlarut dan tersuspensi (Ademollo, 2012). Sedangkan kulit buah mengandung asam organik diubah menjadi larutan enzimatik (Rasit dan Muhammad, 2018).

Menurut Vama dan Cherekar (2020) ekoenzim juga bermanfaat sebagai anti-jamur, anti-bakteri, agen insektisida dan pembersih. Sebelum

digunakan ekoenzim harus diencerkan dengan air pada rasio tertentu. Ekoenzim berfungsi sebagai cairan pembersih lantai, pencuci piring, pembersih sayur dan buah, penangkal serangga, dan penyubur tanaman. Ekoenzim adalah cairan enzim yang ramah lingkungan dan dapat digunakan dalam produksi insektisida. Ekoenzim merupakan pupuk cair yang berasal dari limbah rumah tangga, perkebunan, dan pertanian (Harahap *et al.*, 2021). Adanya kandungan asam asetat (CH_3COOH) yang terkandung dalam ekoenzim mampu membunuh kuman, virus, dan bakteri (Muliarta dan Darmawan, 2021).

2.3.1 Fermentasi Ekoenzim

Agnafia *et al.* (2022) menjelaskan bahwa proses fermentasi ekoenzim memerlukan waktu selama 3 bulan, dan tutup wadah fermentasi harus sering dibuka secara berkala untuk menghindari ledakan gas. Ekoenzim hasil fermentasi selama 3 bulan akan berwarna gelap sesuai dengan bahan organik dan gula yang digunakan dan beraroma asam (Nurliah *et al.*, 2022). Dalam proses fermentasi ekoenzim glukosa akan dirombak menghasilkan asam piruvat. Dalam keadaan aerob asam piruvat akan terurai menjadi etanol dan karbondioksida (CO_2) oleh piruvat dekarboksilase yang diekskresi oleh bakteri. Kemudian alkohol akan diubah menjadi asetaldehid dan kemudian menjadi asam asetat (Astuti *et al.*, 2020).

2.3.2 Asam Organik dalam Ekoenzim

Viza (2022) berpendapat bahwa produk ekoenzim memiliki pH berkisar antara 2,4-2,8. Rendahnya pH ekoenzim disebabkan oleh kandungan asam organik yang tinggi. Ekoenzim mengandung asam organik berupa asam asetat dan asam laktat. Asam organik yang

terkandung dalam ekoenzim dihasilkan melalui proses fermentasi selama 3 bulan. Kandungan asam asetat juga ditemukan oleh Samriti *et al.*, (2019) yang menjelaskan bahwa adanya kandungan asam asetat dalam ekoenzim, meskipun konsentrasinya tidak setinggi dalam asam cuka. Asam asetat dihasilkan melalui proses metabolik bakteri secara alami pada sisa buah dan sayur. Secara alami, asam asetat diproduksi melalui fermentasi oleh bakteri homoacetogen secara anaerobik dan Bakteri Asam Asetat (AAB) dalam kondisi aerobik (Yang *et al.*, 2013).

Ekoenzim mengandung asam organik dan alkohol yang memiliki sifat antimikroba. Asam organik ini yang mengakibatkan penurunan pH. Senyawa asam organik dapat memperlemah membran sel dan merusak struktur mikroba. Alkohol juga dapat membunuh mikroba dengan merusak struktur protein seluler. Selain itu, senyawa ini juga dapat merusak dan memperlemah membran sel dan akhirnya menyebabkan kematian sel (Utami *et al.*, 2016).

Ekoenzim dapat diaplikasikan pada berbagai bidang, dengan fungsinya terbagi menjadi empat kelompok utama yaitu pengurai, penyusun, pengubah, dan pengkatalisis. Pertama, ekoenzim bisa dimanfaatkan dalam kebutuhan rumah tangga seperti sebagai pembersih lantai karena sifat asamnya. Selanjutnya, dapat digunakan untuk membersihkan udara atau menghilangkan bau serta zat beracun yang terlarut di udara. Di samping itu, ekoenzim juga bisa dipakai sebagai pengawet makanan karena kandungan asam propionatnya yang efektif dalam menghambat pertumbuhan mikroba. Asam asetat dalam ekoenzim juga dapat merusak organisme sehingga dapat digunakan sebagai insektisida atau pestisida (Nazim dan Meera, 2017).

2.3.3 Enzim dalam Ekoenzim

Menurut Zainal *et al.* (2023) berbagai enzim (lipase, amilase, dan protease) yang terkandung dalam produk ekoenzim bermanfaat dalam menghidrolisis berbagai senyawa organik. Ekoenzim diduga menjadi salah satu habitat hidup bagi bakteri penghasil enzim amilase. Hal ini disebabkan oleh sifat ekoenzim sebagai cairan hasil fermentasi dari limbah organik sisa buah dan sayur yang masih mengandung karbohidrat (Verma *et al.*, 2019).

Ekoenzim merupakan produk yang dapat berperan sebagai katalis alami karena mampu meningkatkan laju reaksi kimia (Sayali *et al.*, 2019). Ekoenzim yang berasal bahan organik sisa sayur segar akan menghasilkan enzim protease yang tinggi (Nepa *et al.*, 2023). Enzim protease berperan sebagai biokatalisator dalam proses pemecahan protein. Enzim tersebut mengkatalisis reaksi hidrolisis, yaitu reaksi yang melibatkan unsur air pada ikatan spesifik substrat. Oleh karena itu, enzim ini termasuk dalam kategori utama enzim hidrolase. Protease merupakan enzim kompleks dengan berbagai sifat fisikokimia dan katalitik yang beragam. Enzim ini dapat dihasilkan baik secara ekstraseluler maupun intraseluler, dan memiliki peran penting dalam metabolisme sel serta regulasi proses dalam sel (Ward *et al.*, 2009).

Proses fermentasi ekoenzim secara anaerob selama tiga bulan, campuran mikroba alami yang tumbuh dalam ekoenzim akan menghasilkan sejumlah enzim, seperti lipase, amilase, dan protease. Enzim-enzim tersebut berperan dalam merombak substrat menjadi cairan ekoenzim, sementara sisa media berupa limbah padat (Chin *et al.*, 2019). Enzim lipase yang dihasilkan oleh mikroba dalam fermentasi ekoenzim digunakan untuk merombak substrat yang mengandung komponen lemak, termasuk yang

terdapat dalam bahan organik sisa buah atau sayur (Chandra *et al.*, 2020).

2.3.4 Unsur Hara dalam Ekoenzim

Ekoenzim adalah cairan yang warnanya tergantung pada bahan organik dan sumber gula yang digunakan. Cairan ini memiliki aroma fermentasi asam manis dan merupakan cairan multifungsi yang dapat diaplikasikan dalam rumah tangga, pertanian, dan peternakan. Ekoenzim dihasilkan melalui fermentasi bahan-bahan organik seperti limbah dapur (kulit buah dan sayur) yang dicampur dengan air dan gula (Chandra *et al.*, 2020). Ekoenzim dapat diaplikasikan sebagai nutrisi tanaman atau Pupuk Organik Cair (POC) dan meningkatkan kualitas rasa buah dan sayur (Sitinjak, 2022). Pembuatan ekoenzim sebagai pupuk organik cair perlu dilakukan dalam rangka mengurangi penggunaan pupuk anorganik. Ekoenzim dapat digunakan sebagai pupuk karena mengandung sejumlah enzim yakni tripsin, amilase, asam organik seperti asam asetat (H_3COOH) dan beberapa unsur hara bagi tanaman seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, serta bakteri yang merombak bahan organik, merangsang pertumbuhan, dan agen pengendali hama dan penyakit tanaman (Susilowati *et al.*, 2021).

Menurut penelitian Lubis *et al.*, (2022) ekoenzim dapat berfungsi menyuburkan tanah karena mengandung unsur nitrogen. Unsur ini sangat penting dalam membantu pertumbuhan suatu tanaman sehingga pemberian ekoenzim dapat merombak senyawa nitrogen menjadi unsur hara makro nitrogen yang dapat menyuburkan tanah. Berdasarkan penelitian Salsabila dan Winarsih (2023) bahan organik yang terkandung dalam ekoenzim juga dapat memperbaiki struktur tanah. Ekoenzim akan berpengaruh terhadap tersedianya

nitrogen aktif tanah, nitrogen total dan kalium. Kandungan bahan organik dalam ekoenzim dapat meningkatkan kesuburan tanah sehingga unsur hara akan terserap oleh akar dengan baik.

2.4 Tanaman Pepaya

Pepaya (*C. papaya* L) adalah salah satu jenis tanaman buah-buahan berasal dari Meksiko Selatan dan Kostarika di Amerika Tengah yang sekarang telah menyebar luas di seluruh dunia. Pepaya termasuk tanaman ke dalam herba dari famili Caricaceae (Garret, 2011). Pepaya merupakan salah satu tanaman hortikultura yang memiliki pasar luas dan cenderung tinggi. Pepaya merupakan tanaman tropis memiliki buah kaya akan nutrisi seperti provitamin A, vitamin B, provitamin C, mineral, likopen dan serat. Kandungan gizi yang tinggi pada pepaya sehingga sangat baik untuk dikonsumsi. Pepaya bisa dikonsumsi langsung maupun produk olahan (Kurnia, 2018). Buah pepaya juga mengandung getah papain atau enzim proteolitik yang sering digunakan pada industri makanan, kosmetik, dan farmasi (Suyanti *et al.*, 2012).

Adapun klasifikasi tanaman pepaya berdasarkan Cronquist (1981) adalah sebagai berikut :

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Bangsa	: Brassicales
Suku	: Caricaceae
Marga	: <i>Carica</i>
Jenis	: <i>Carica papaya</i> L.



Gambar 6. Tanaman pepaya (*C. papaya* L.)
(Dokumentasi pribadi, 2023).

Tanaman pepaya adalah salah satu jenis tanaman *dioceous*, tetapi ada juga yang bersifat *gynodioecious*, berdasarkan tipe pembungaannya tanaman pepaya dibagi menjadi tiga yaitu tanaman dengan bunga jantan, tanaman dengan bunga betina, dan tanaman dengan bunga sempurna (*hermaprodit*). Tipe pembungaan tanaman pepaya berbeda dengan tipe pembungaan tanaman lain. Pepaya tipe *dioecious* memiliki ekspresi seks bunga betina (*pistillate*) pada pohon betina dan bunga jantan (*staminate*) pada pohon jantan. Pepaya yang bersifat *gynodioecious* memiliki ekspresi bunga betina dan bunga *hermafrodit* pada pohon hermafrodit dan bunga jantan pada pohon jantan (Jimenez, 2014). Tanaman pepaya merupakan tanaman herbal yang populer di masyarakat. Tanaman pepaya memiliki waktu tumbuh yang relatif singkat dan dapat hidup di berbagai tempat (Rehena, 2010).

Tanaman pepaya mempunyai batang yang tidak bercabang, berbentuk bulat dengan struktur berongga tidak berkayu dan apabila tangkai daun sudah rontok meninggalkan bekas pada batang. Tanaman ini memiliki tangkai daun yang panjang, berkumpul di ujung batang, dan memiliki daun tunggal yang berbentuk menjari (Suprapti, 2005). Tanaman pepaya

merupakan salah satu tanaman yang berbatang tegak dan basah. Beberapa bagian tanaman dapat dimanfaatkan sebagai obat, seperti akar, batang, daun, dan buahnya (Moehd, 2008).

Daun tanaman pepaya tumbuh secara spiral menutupi ujung batang. Struktur daunnya tunggal, berbentuk bulat dengan ujung meruncing, memiliki pangkal yang berlekuk, serta memiliki tepi yang bergerigi. Ukuran diameter daun berkisar antara 20 hingga 75 cm. Permukaan atas daun berwarna hijau tua sedangkan bagian bawahnya berwarna hijau muda. Daun pepaya memiliki tipe daun menjari sehingga menyerupai telapak tangan (Hamzah, 2014).

Buah pepaya memiliki bentuk yang bervariasi dari bulat hingga lonjong, dengan bagian ujung umumnya runcing. Jika dipotong secara melintang, rongga buah berbentuk seperti bintang. Ketika masih mentah, buah pepaya memiliki warna hijau gelap dan berubah menjadi kuning kemerahan saat sudah matang (Tyas, 2008).

Pohon pepaya memiliki sistem perakaran yang terdiri dari akar tunggang dan akar-akar cabang yang menjalar secara horizontal ke semua arah pada kedalaman sekitar 1 meter atau lebih dan menyebar sekitar 60 sampai 150 cm dari pusat batang tanaman (Suprapti, 2005). Menurut Agustrina (2017) akar tanaman pepaya berbentuk bulat dan berwarna kekuningan. Akar pepaya disebut akar tunggang karena akar lembaga tumbuh terus menjadi akar pokok dan bercabang-cabang menjadi akar-akar yang lebih kecil.

Pada umumnya, pepaya akan dipanen setelah berumur 160-180 hari setelah mekar bunganya. Waktu panen tersebut bertujuan untuk memaksimalkan pertumbuhan tanaman pepaya dan menghasilkan buah pepaya dengan kualitas yang diinginkan. Perbanyakan tanaman pepaya dilakukan melalui biji, biji tersebut terbentuk melalui proses pembelahan sel mitosis dan meiosis (Immanuel, 2024).

2.5 Kutu Putih Tanaman Pepaya (*P. marginatus*)

Kutu putih pepaya merupakan salah satu serangga polifag yang banyak menyerang spesies tanaman tropika (Muniappan *et al.*, 2008). Selain dapat menyerang tanaman pepaya kutu putih (*P. marginatus*) juga menyerang gulma, tanaman hias, dan tanaman hutan (Amarasekare *et al.*, 2008).

2.5.1 Biologi Kutu Putih (*P. marginatus*)

Kutu putih apabila masih hidup memiliki bentuk tubuh yang gemuk, betina berwarna kuning dan jantan berwarna merah muda. Apabila disentuh dapat bergerak dan berjalan sedangkan kutu putih yang sudah mati tubuhnya akan kaku dan berwarna gelap (Salsabilla *et al.*, 2022). Kutu putih diselimuti oleh lapisan lilin yang berwarna putih dan tubuhnya berbentuk oval dengan embelan seperti rambut-rambut yang juga berwarna putih dan berukuran pendek (Pramayudi dan Hartati, 2014). Kutu putih juga menghasilkan embun madu yang berpotensi ditumbuhi cendawan jelaga sehingga menimbulkan warna hitam pada tanaman inang (Thalib *et al.*, 2014). Berikut ini merupakan gambar morfologi kutu putih tanaman pepaya (*P. marginatus*) (**Gambar 7**).



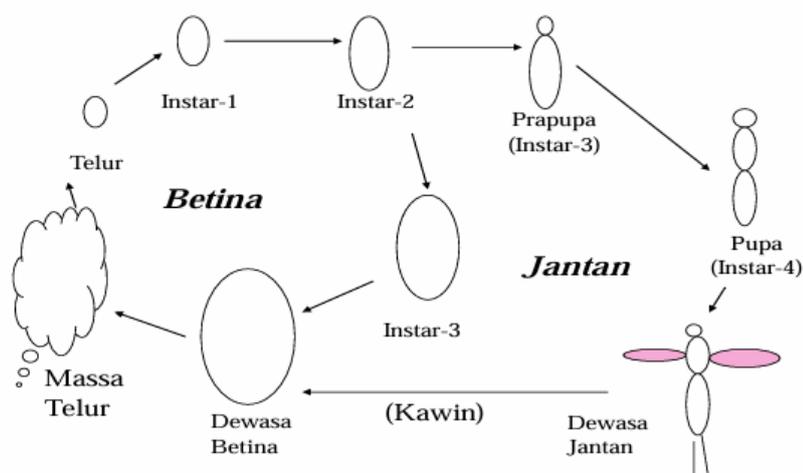
Gambar 7. Kutu putih (*P. marginatus*)
(Krishnan, 2016)

Adapun klasifikasi kutu putih berdasarkan Williams dan Ganara de Willink (1992) adalah sebagai berikut :

Kerajaan : Animalia
Filum : Arthropoda
Kelas : Insecta
Bangsa : Hemiptera
Suku : Pseudococcidae
Marga : *Paracoccus*
Jenis : *Paracoccus marginatus* Williams & Granara De Willink, 1992.

2.5.2 Siklus Hidup Kutu Putih (*P. marginatus*)

Menurut penelitian Pramayudi dan Hartati (2012) Individu betina dan jantan *P. marginatus* mengalami tahap perkembangan hidup yang berbeda. Individu betina mengalami metamorfosis paurometabola yang melibatkan beberapa tahapan, seperti tahap telur, tahap nimfa yang terdiri dari instar pertama hingga ketiga dan akhirnya tahap imago yang tidak memiliki sayap. Sedangkan individu jantan mengalami metamorfosis holometabola dengan tahapan yang mencakup telur, tahap nimfa yang melibatkan instar pertama, instar kedua, instar ketiga yang disebut prapupa, dan tahap keempat yang berupa pupa. Kemudian mencapai tahap imago yang memiliki sayap. Berikut ini merupakan gambar siklus hidup *Paracoccus marginatus* jantan dan betina (**Gambar 8**).



Gambar 8. Skema tahapan perkembangan *P. marginatus* (Pramayudi dan Hartati, 2012).

2.5.3 Gejala Serangan Kutu Putih (*P. marginatus*)

Serangan hama kutu putih merupakan hama utama pada tanaman pepaya. Kerusakan yang ditimbulkan yaitu adanya bintik-bintik putih, tanaman menjadi kerdil, malformasi daun, penurunan mutu buah dan daun atau bahkan menyebabkan kematian (Walker *et al.*, 2003). Apabila kutu putih menyerang tanaman pepaya pada fase pertumbuhan atau tanaman belum menghasilkan buah maka mengakibatkan tanaman pepaya tidak berbuah. Jika serangan kutu putih terjadi saat tanaman sedang berbuah maka akan menurunkan produksi dan kualitas buah pepaya sehingga mengakibatkan kerugian yang besar (Mamahit *et al.*, 2009). Berikut ini merupakan gambar tanaman pepaya yang terserang hama kutu putih *P. marginatus* (**Gambar 9**).



Gambar 9. Serangan *P. marginatus* pada tanaman pepaya (Salsabilla *et al.*, 2022)

Koloni kutu putih umumnya ditemukan di bagian bawah daun atau sekitar tulang daun. Serangan kutu putih akan merugikan tanaman inang dengan menyerap cairan tanaman yang terdapat dalam pembuluh floem. Pada tanaman pepaya yang diserang oleh *P. marginatus*, daun cenderung berkerut dan apabila terdapat serangan berat daun menjadi kuning, kering, dan akhirnya gugur. *P. marginatus* tidak hanya menyerang daun, tetapi juga dapat menginfeksi bagian-bagian lain, seperti batang, pucuk, dan buah. Serangan pada pucuk dapat menyebabkan daun mengkerut, keriting, dan akhirnya mati. Serangan kutu putih mengakibatkan bunga dan buah gugur sebelum waktunya. Selain menyebabkan kerusakan pada daun, batang, buah, dan bunga, kutu putih menghasilkan embun madu yang dapat memicu tumbuhnya cendawan jelaga. Cendawan jelaga akan tumbuh dan berkembang menutupi permukaan daun sehingga menghambat proses fotosintesis (Muniappan *et al.*, 2010).

2.6 Mekanisme Kerja Ekoenzim Sebagai Insektisida pada Tubuh Serangga

Ekoenzim adalah enzim yang dihasilkan melalui fermentasi sisa buah dan sayur dengan lama fermentasi minimal tiga bulan. Ekoenzim sebagai produk ramah lingkungan yang memiliki banyak manfaat karena mengandung sifat anti jamur, anti bakteri, agen insektisida, dan agen pembersih (Jadid *et al.*, 2021). Insektisida alami adalah jenis insektisida yang berasal dari bahan-bahan yang ada di alam, kemudian diekstraksi, siproses, atau dibuat menjadi konsentrat tanpa mengubah komposisi konsentratnya (Zega dan Fau., 2021). Adapun cara insektisida masuk ke dalam tubuh serangga (*mode of entry*) dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu racun kontak (melalui kutikula), racun perut (sistem pencernaan), dan racun pernapasan (saluran pernapasan (Ikawati, *et al.*, 2015).

Racun kontak adalah senyawa insektisida yang masuk ke dalam tubuh serangga melalui kulit (kutikula) atau celah/lubang tubuh yang bersinggungan secara langsung. Mekanisme kerja insektisida ini adalah setelah masuk melalui lubang-lubang alami yang ada di tubuh hama, kemudian senyawa tersebut akan masuk ke organ pencernaan, diserap oleh dinding usus dan kemudian ditranslokasikan ke saraf pusat, sehingga akan mempengaruhi perilaku hama dan secara perlahan menyebabkan kematian (Pitri, 2022).

Racun perut adalah efek yang disebabkan oleh suatu senyawa yang memasuki tubuh serangga dan menuju saluran pencernaan sehingga mengakibatkan gangguan dalam fungsi saluran pencernaan. Pada saluran pencernaan, terdapat organ-organ pencernaan yang menghasilkan enzim dan berperan dalam mencerna makanan. Masuknya senyawa pada organ pencernaan akan menghambat aktivitas enzim pencernaan dan membentuk senyawa kompleks antara protein, enzim, dan substrat sehingga akan

mengganggu pencernaan. Selain itu pada organ pencernaan terdapat sel goblet yang berperan melindungi sel-sel epitelium dari serangan patogen. Oleh karena itu, ketika patogen seperti senyawa flavonoid, saponin, tanin, dan triterpenoid masuk dapat menyebabkan sel goblet tidak dapat mensintesis dan mensekresikan mukus yang dapat melindungi organ pencernaan (Embrikawentar dan Ratnasari, 2019).

Racun pernapasan adalah efek yang ditimbulkan apabila suatu senyawa masuk ke dalam tubuh serangga dan mengganggu kerja saluran pernapasan. Senyawa yang bersifat insektisida dapat masuk ke dalam tubuh serangga dalam bentuk gas melalui stigma atau spirakel di dalam saluran pernapasan, kemudian menuju saluran trakhea dan akhirnya dapat masuk ke dalam jaringan (Kurniawan *et al.*, 2013).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2023 sampai Februari 2024 di Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *beaker glass*, kain kasa, pipet volume, gelas ukur, batang pengaduk, corong, pinset, lup (kaca pembesar), wadah uji, kertas label, kawat, kain *tulle*, sarung tangan *latex* dan kamera hp.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kulit pisang kepok manado muda dan tua yang diperoleh dari Desa Rejo Asri, Kecamatan Seputih Raman, Lampung Tengah. Molase yang digunakan diperoleh dari toko perlengkapan hewan peliharaan, Jalan Flamboyan Raya Ujung, Labuhan Dalam, Kecamatan Tanjung Senang, Bandarlampung. Serangga uji yang digunakan adalah hama kutu putih tanaman pepaya (*P. marginatus*), diperoleh dari kebun percobaan Politeknik Negeri Lampung, Jl. Soekarno Hatta No.10, Rajabasa Raya, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung. Bahan-bahan lainnya adalah akuades, buah pepaya, dan tanaman pepaya yang berumur 1-2 bulan sebagai tanaman inang untuk *rearing*.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 2 perlakuan. Perlakuan pertama adalah perbedaan konsentrasi ekoenzim pisang kepok manado muda dan tua yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Perlakuan kedua adalah waktu pengamatan yang terdiri dari 6, 12, 24, 48, dan 72 jam setelah perlakuan. Setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan. Hewan uji yang digunakan 10 ekor kutu putih pada setiap ulangan (Nukmal *et al.*, 2019). Pengujian ekoenzim dari kulit pisang kepok manado muda dan tua dilakukan secara terpisah. Adapun parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah jumlah mortalitas *P. marginatus* dan nilai *Lethal Concentration 50* (LC₅₀).

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Ekoenzim

Pembuatan ekoenzim dari kulit pisang kepok manado dilakukan dengan mencampurkan kulit pisang kepok manado, molase, dan air dengan perbandingan 3 : 1 : 10. Pembuatan ekoenzim diawali dengan mencuci bersih kulit pisang kepok, kemudian dipotong kecil-kecil. Sebanyak 1,5 kg kulit pisang kepok selanjutnya dimasukkan ke dalam wadah berisi 5000 ml air bersih, lalu ditambah dengan 500 gram molase. Molase berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroba untuk melakukan fermentasi, sedangkan air berfungsi sebagai media untuk partisi antara fase padat terlarut dan tersuspensi (Ademollo *et al.*, 2012). Setelah bahan ekoenzim diaduk rata, wadah ekoenzim ditutup rapat dan diletakkan di tempat terlindung dari sinar matahari langsung. Selama proses fermentasi akan terbentuk gas, maka tutup wadah perlu dibuka sesekali untuk mengeluarkan gas, Larutan ekoenzim kemudian difermentasi selama tiga bulan (Hemalatha *et al.*, 2020).

3.4.2 Pembuatan Larutan Uji

Larutan uji dibuat dengan mengencerkan ekoenzim dari kulit pisang kepok manado dengan akuades sebanyak 500 ml setiap konsentrasinya. Konsentrasi yang digunakan yaitu 0%5%, 10%, 15%, dan 20%. Pembuatan larutan uji dilakukan menggunakan rumus pengenceran menurut Hidayah *et al.* (2021) sebagai berikut :

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$M1$ = Konsentrasi awal

$V1$ = Volume awal

$M2$ = Konsentrasi akhir

$V2$ = Volume akhir

Tabel 1. Perbandingan ekoenzim kulit pisang kepok manado dengan akuades

Perbandingan	Konsetrasi				
	0%	5%	10%	15%	20%
Ekoenzim	0 ml	25 ml	50 ml	75 ml	100 ml
Akuades	500 ml	475 ml	450 ml	425 ml	400 ml

3.4.3 Persiapan Serangga Uji

Serangga uji yang digunakan adalah kutu putih yang menyerang tanaman pepaya yang diperoleh dari Kebun Percobaan Politeknik Negeri Lampung. *Rearing* (pengembangbiakkan hama) kutu putih di Laboratorium Zoologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung menggunakan metode Pramayudi dan Oktarina (2012). Kutu putih diinokulasi pada bibit pepaya berumur 1-2 bulan yang ditanam di polibag dengan media tanam tanah dan kompos. Tanaman pepaya yang telah diberi kutu putih dikurung dengan sungkup yang dilapisi kain

tille dengan kerangka menggunakan kawat. *Rearing* kutu putih dilakukan selama 25 hari. Kutu putih yang digunakan dalam penelitian ini yaitu imago kutu putih betina (dewasa). Menurut Simarmata *et al.* (2021) pada tahap imago kutu putih betina memiliki bentuk tubuh oval, berwarna kuning dan tidak memiliki sayap sedangkan imago jantan berwarna merah muda dan memiliki sayap sehingga aktif terbang.

3.4.4 Uji Aktivitas Ekoenzim

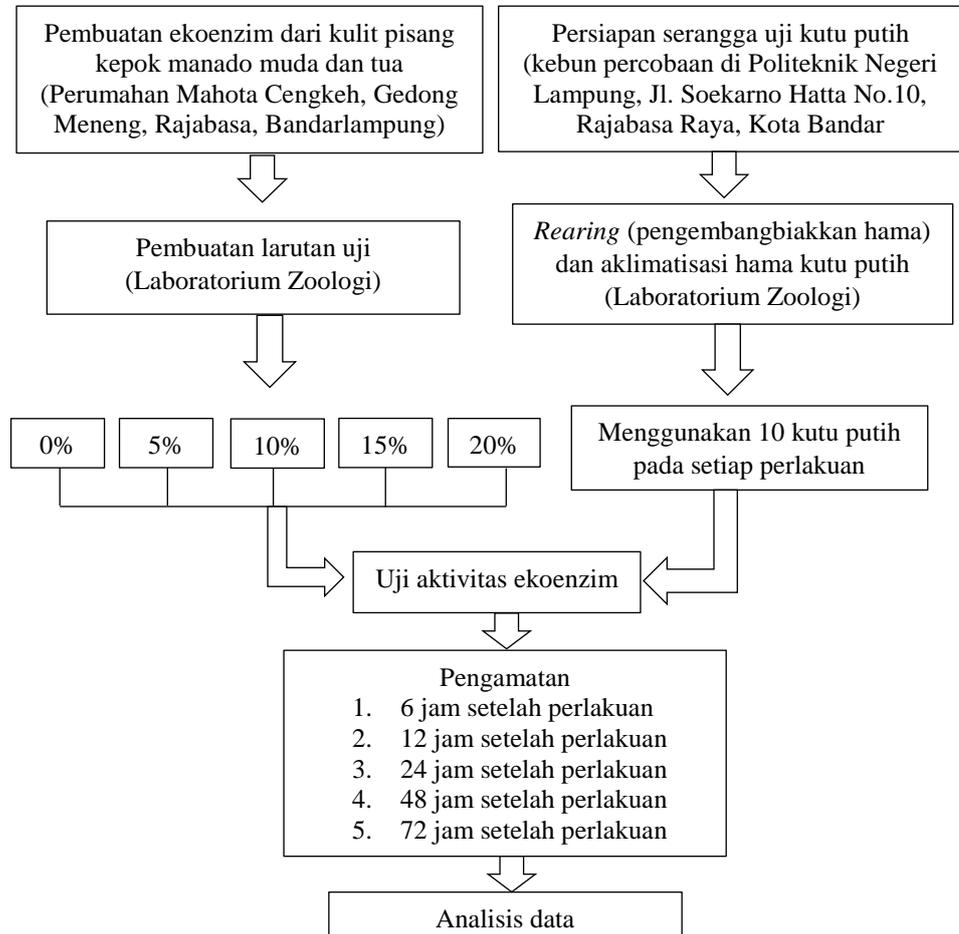
Uji aktivitas insektisida pada kutu putih dilakukan mengikuti metode Nukmal dan Andriyani (2017). Media uji menggunakan buah pepaya yang telah direndam ekoenzim dari kulit pisang kepok selama 10 menit dengan konsentrasi yang sesuai dengan perlakuan. Setelah direndam selama 10 menit, buah pepaya dikeringanginkan, kemudian diletakkan 10 ekor kutu putih pada masing-masing buah. Uji aktivitas insektisida dilakukan dalam wadah uji yang ditutup kain kasa. Pengamatan mortalitas kutu putih dilakukan pada jam ke 6, 12, 24, 48, dan 72 setelah perlakuan. Kutu putih yang mati ditandai dengan rusaknya lapisan lilin pada bagian tubuh dan apabila disentuh tidak adanya pergerakan.

3.4.5 Analisis Data

Data mortalitas kutu putih yang telah diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf 5% dan di uji lanjut dengan uji *Tukey's* menggunakan aplikasi SPSS. Analisis probit mortalitas dilakukan untuk menentukan nilai LC_{50} .

3.4.6 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian tertera dalam diagram alir sebagai berikut :



Gambar 10. Diagram alir penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Adapun simpulan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Ekoenzim dari kulit pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.) muda dan tua meningkatkan mortalitas hama kutu putih pada tanaman pepaya dengan mortalitas tertinggi pada konsentrasi 20%.
2. Ekoenzim dari kulit pisang kepok manado (*Musa x paradisiaca* L.) tua lebih efektif dalam mematikan hama kutu putih pepaya setelah 48 jam perlakuan dengan nilai LC_{50} 14,71%.

5.2 Saran

Pada kajian selanjutnya perlu dilakukan uji fitokimia untuk mengetahui perbedaan kadar kandungan senyawa metabolit sekunder dan asam asetat pada ekoenzim dari kulit pisang kepok manado muda dan tua, serta dapat diaplikasikan pada hama lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Ademollo, N., Patrolecco, L., Polesello, S., Valsecchi, S., Wollgast, J., Mariani, G., & Hanke, G. 2012. *The analytical problem of measuring total concentrations of organic pollutants in whole water*. TrAC - Trends in Analytical Chemistry, Vol. 36. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2012.01.008>
- Agnafia D.N., Lucky A.R., dan Qurrotul A. 2022. Peningkatan Pemahaman Limbah Organik Rumah Tangga dan Cara Pemanfaatannya Melalui Eco-enzyme. *Jurnal Masyarakat Mandiri*. 6(4) : 2605-2614.
- Agustina. 2017. *Kajian Karakterisasi Tanaman Pepaya (Carica papaya L.) di Kota Madya Bandar Lampung*. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung
- Albaasith, Z., Lubis, R.N., dan Tambun, R. 2014. Pembuatan Sirup Glukosa dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminatabalbisianacolla*) Secara Enzimatis. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2): 15–18.
- Albertini, M.V., Carcouet, E., Pailly, O., Gambotti, C., Luro, F. and Berti, L. 2006. Changes in organic acids and sugars during early stages of development of acidic and acidless citrus fruit, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(21), 8335–8339.
- Amalia L., Sriwahjuningsih, dan Nurjannah. 2024. Penggunaan Ekoenzim Kulit Buah Kopi Robusta (*Coffea Canephora* Piere) Untuk Pengendalian Larva Nyamuk *Culex* sp. *Journal Scientific of Mandalika (JSM)*, E-ISSN 2745-5955 | P-ISSN 2809-0543, 4(12), 350-358. <https://doi.org/10.36312/10.36312/vol4iss12pp350-358>
- Amarasekare KG, Mannion CM, Osborne LS, & Epsky ND. 2008. *Life History Of Paracoccus Marginatus (Hemiptera: Pseudococcidae) On Four Host Plant Species Under Laboratory Conditions*. Environ. Entomol. 37(3): 630–635.

- Ambarita, M. D. Y., Bayu, E. S., & Setiado, H. 2016. Identifikasi Karakter Morfologi Pisang (*Musa sp.*) di Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Agroteknologi*. Universitas Sumatera Utara, 4(1), 1911-1924. <https://doi.org/10.32734/jaet.v4i1.12404>
- Aminudin. 2023. *Pengujian Efektivitas Antibakteri dan Antijamur Cairan Ekoenzim Berbasis Pisang Kepok Manado (Musa x paradisiaca) Matang Terhadap Xanthomonas campestris, Bacillus sp., dan Fusarium sp. Secara In Vitro*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- Ardiansyah, M..2020. Keuntungan Usaha Budidaya Pepaya Calina Ipb 9 Di Kecamatan Panyabungan Barat Kabupaten Mandailing Natal
- Ariani, N. dan Niah, R., 2019. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* forma typical) Mentah Secara in-vitro. *Jurnal Ilmiah Manuntung*. 5 (2) : 161-166.
- Aseptianova., Wijayanti, T.F., dan Nuraini, N. 2017. Efektifitas Pemanfaatan Tanaman sebagai Insektisida Elektrik Untuk Mengendalikan Nyamuk Penular Penyakit DBD. *Jurnal Bioeksperimen*. 3 (2) : 62.
- Asfi SH, Rahayu YS, dan Yuliani. 2015. Uji Bioaktivitas Filtrat Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale*) terhadap Tingkat Mortalitas dan Penghambatan Aktivitas Makan Larva *Plutella xylostella* secara In Vitro. *LenteraBio*, 4 (1): 50–55.
- Asmaliyah, Wati H. E. E., Utami S, Mulyadi K, Yudistira dan F. W Sari. 2010. *Pengenalan Tumbuhan Penghasil Pestisida Nabati dan Pemanfaatannya Secara Tradisional*. Kemenhut. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Produktifitas Hutan
- Astriani Y, Widawati M. *Potensi Tanaman di Indonesia sebagai Larvasida Alami untuk Aedes aegypti*. Spirakel. 2016;8(2):37-46
- Astuti, D., Kawiji, N., dan Ninda, E. 2020. Kajian Sifat Fisik dan Kimia Sensoris Cracekers Subtitusi Tepung Sukun Termodifikasi Asam Asetat Dengan Penambahan Sari Daun Pandan Wangi. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 11(1):1–10. <https://jurnal.uns.ac.id/ilmupangan/article/view/29086>

- Banjarnahor, S., & Artanti, N. 2014. Antioxidant properties of flavonoids. *Medical Journal of Indonesia*, 23(4), 239-244. doi:10.13181/mji. v23i4.1015
- Basundari, S. A., Tarwotjo, U., dan Kusdiyantini, E. 2018. Pengaruh Kandungan Ekstrak Daun Zodia (*Evodia suaveolens*) Terhadap Mortalitas Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. *Jurnal Bioma*. 20(1): 51-57.
- Chandra, Y. N., Hartati, C. D., Wijayanti, G., & Gunawan, H. G. 2020. *Sosialisasi Pemanfaatan Limbah Organik Menjadi Bahan Pembersih Rumah Tangga*. Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat: 20 Desember 2020, Jakarta.
- Chandra, -P., Singh, E, -R., Arora, P, -K., 2020. Microbial lipases and their industrial applications: A comprehensive review. *Microbial Cell Factories*. 19, 1-42. <https://doi.org/10.1186/s12934-020-01428-8>.
- Chin, Y, -Y., Goeting, -R., Alas, -Y., Shivanand, -P., 2019. From fruit waste to enzymes. *Scientia Bruneiana*. 17(2), 1-11. <https://doi.org/10.46537/scibru.v17i2.75>
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Clasification Of Flowering Plants*. Columbia University Press. New York.
- Dewangga, V. S., & M. T. Qurrohmah. 2020. Penghambatan Pertumbuhan *Klebsiela pneumoniae* Dengan Ekstrak Etanol Dari Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Kesehatan Husada*. Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional.
- Dewi MA, Anugrah R, Nurfitri YA. 2017. *Uji aktivitas antibakteri ekoenzim terhadap Escherichia coli dan Shigella dysenteriae*. Dissertations. Cimahi: Universitas Jendral Achmad Yani.
- Dinastuti, Rina, Sri Poeranto Y.S., dan Dwi Yuni Nur Hidayati. (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).
- Egra, A., Mardhiana., Rofin, M., Adiwena, M., Jannah, N., Kuspradini, H., Mitsunaga, T., 2019. Aktivitas Antimikroba Ekstrak Bakau (*Rhizophora mucronata*) dalam Menghambat Pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* Penyebab Penyakit layu. *Jurnal Agrovigor*. 12 (1) : 26-31.

- Embrikawentar dan Ratnasari. 2019. Efektivitas Ekstrak Daun Sukun Terhadap Mortalitas Hama Walang Sangit. *LenteraBio* Vol. 8 No. 3, <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio>
- Elgailani, I. E. H., Christina Y. I. 2016. Methods for Extraction and Characterization of Tannins from Some Acacia Species of Sudan. *Pak. J. Anal. Environ. Chem*, 17(1): 43-49.
- Ernawati, E., Pratami, G., D., Endah, S., dan K. Iascha, G. 2021. Karakteristik Struktur Morfologi Dan Viabilitas Polen Dari Lima Kultivar Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L). *Jurnal Buletin. Kebun Raya*. 24(1):35–41. <https://publikasikr.lipi.go.id/index.php/buletin/article/view/720>
- Fauzana, H., & Faradilla, N. (2018). Uji Konsentrasi Ekstrak Daun Krinyuh (*Eupatorium odoratum* L.) sebagai Racun Perut terhadap Mortalitas Ulat Grayak (*Sodoptera litura* F.). *Jurnal Agroteknologi Tropika*. 7 (2): 108 – 115.
- Febriyanti, N., & Rahayu, D. 2012. *Aktivitas Insektisidal Ekstrak Etanol Daun Krinyuh (Eupatorium odoratum L.) Terhadap Wereng Coklat (Nilaparvata lugens Stal.)* Prosiding Seminar Nasional IX Pendidikan Biologi, 9 (1): 661-664.
- Garrett, A., (2011). *The pollination biology of papaw (Carica papaya L.) in Central Queensland*. PhD. Thesis, Central Queensland University, Rockhampton, 125 pp
- Ghamba PE, Balla, Goje LJ, Halidu A, Dauda MD. 2014. *In Vitro Antimicrobial Activities Of Vernonia Amygdalina On Selected Clinical Isolate*. *IJCMAS*. 3(4): 1103-1113.
- Gloriana E. M., Loraine S., dan Siswanto. 2021. Karakteristik Flavonoid dari Daun Kitolod dengan Metode Maserasi dan Enkapsulasi. *Journal of Chemical and Process Engineering*. Vol. 2 No. 2(2021) hal. 44-51.
- Hamzah, A. 2014. *9 Jurus Sukses Bertanam Pepaya California*. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta. 138.
- Harahap, R.G., Nurmawati, Dianiswara, A., Putri, D.L. (2021). *Pelatihan Pembuatan Eco-Enzyme sebagai Alternatif Desinfektan Alami di Masa Pandemi Covid-19 bagi Warga Km.15 Kelurahan Karang Joang*. *Sinar Sang Surya*, 5(1): 67-73.
- Hemalatha M, Visantini P. 2020. *Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal based effluent*. *IOP Conf. Series: Mat. Sci. Eng*. 716: 1-6.

- Hidiarti, O.G., dan Srimiati, M. 2019. Pemanfaatan Tepung Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* linn) dalam Pembuatan Brownies. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 1(1): 32–39.
- Husni, Nur Pramayudi, & Mutia, Faridah. (2012). Biology Of Papaya Mealy Bug *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae) In Cassava (*Manihot utilissima* Pohl). *Jurnal Natural*. Vol. 12(2): 9-17.
- Ikawati, B. Sunaryo, Widiastuti, D. 2015. Peta Status Kerentanan *Aedes aegypti* (Linn.) terhadap insektisida cypermethrin dan malathion di Kawa Tengah. *Aspirator*. 7 (1):23-28.
- Immanuel S. 2024. *Studi Keragaman Genetik Tanaman Pepaya (Carica papaya L.) di Kota Jambi Berdasarkan Karakter Morfologi*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Jambi.
- Istikomah. 2023. *Uji Efektivitas Ekoenzim Kulit Pisang Ambon (Musa paradisiaca L.) dan Kulit Jeruk (Citrus sp.) Sebagai Insektisida Hama Penggerek Buah Kopi (Hypothenemus hampei F)*. Skripsi. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Jadid, N., Jannah, A. L., Handiar, A. P.W.P., Nurhidayati, T., Purwani, K. I., Ermavitalini, D., Muslihatin, W., Navastara, A. M. (2021). Aplikasi Eco Enzyme Sebagai Bahan Pembuatan Sabun Antiseptik. Sewagati: *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 6 (1). 69-75. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v6i1.168>
- Jimenez Víctor M , Eric Mora- Newcomer dan Marco V. Gutiérrez-Soto. 2014. *Biology of the Papaya Plant .Chapter 2. Food Security Center*. University of Hohenheim, Stuttgart, Germany
- Krishnan, J.U., George, M., Ajesh, G., Jithine, JR., Lekshmi, NR., and Deepasree, MI. 2016. A review on *Paracoccus marginatus* Williams, papaya mealy bug (Hemiptera : Pseudococcidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 4(1): 528-533.
- Kurniawan N, Yuliani, dan Rachmadiarti F. 2013. Uji Bioktivitas Ekstrak Daun Suren (*Toona sinensis*) Terhadap Mortalitas Larva *Plutella xylostella* Pada Tanaman Sawi Hijau (*Brassica capa*). *LenteraBio*. 2(3):203-206
- Kurniawan, A., Muhfahroyin, dan Sutanto A. 2021. Efektivitas Variasi Konsentrasi Ekstrak Daging Bintaro Sebagai Insektisida Lepidoptera Pada Bawang Daun Sebagai Sumber Belajar Pencemaran Lingkungan. *Biolava*. 2(1):54-63

- Kurnia, Rohmat. 2018. *Fakta Seputar Pepaya (Manfaat Buah Pepaya Dan Cara Membudidayakannya)*. Jakarta: Bhuana Ilmu Populer
- Larasati, D., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. 2020. *Uji Organoleptik Produk Eco Enzyme dari Limbah Kulit Buah (Studi Kasus di Kota Semarang)*. Seminar Nasional Edusainstek, 278–283.
- Lienny M M. 2013. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Biji Buah Pepaya (*Carica Papaya L.*) Terhadap *Escherichia coli* Dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Farmasi*. Universitas Surabaya, 2(2):1-9.
- Lubis, Najla, Muhammad Wasito, Tharmizi Hakim, and Sulardi. 2022. *Bioenzim-Aplikasinya Di Bidang Pertanian*. 1st ed. ed. Aly Rasyid. Bekasi: PT Dewangga Energi Internasional.
- 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>
- Mahali, J. et al. (2022) 'Pembuatan Eco Enzym Sebagai Upaya Pengelolaan Lingkungan di Daerah Pantai Panjang Bengkulu', 1, pp. 45–50.
- Maharani Y., Rauf A. dan Anwar R. 2016. Biologi dan Neraca Hayati Kutu Putih Pepaya *Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink (Hemiptera: Pseudococcidae) Pada Tiga Jenis Tumbuhan Inang. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. ISSN 1411-7525. Vol. 16, No. 1: 1 – 9.
- Majinda, R.R. T. 2012. *Extraction And Isolation Of Saponins*. *Natural Products Isolation, Methods In Molecular Biology*, 864(1), 415-417.
- Mamahit, J.M.E., S. Manuwoto, P. Hidayat dan Sobir. 2008. *Biologi Kutu Putih Dysmicoccus Brevipes Cockerell (Hemiptera : Pseudococcidae) pada Tanaman Nanas dan Kencur*. Fakultas Pertanian IPB Bogor. Bul. Littro. 21 (2).164– 173 hal.
- Moehd BK, 2008. *Bertanam Pepaya*. Jakarta. Penebar Swadaya.
- Mukhoyaroh, N. I., dan H, L. 2022. Etnobotani pemanfaatan pisang lokal (*Musa spp.*) Di desa Srigonco Kecamatan Bantur, Kabupaten Malang. *Biotropika : Jurnal of Tropical Biologi*. 8(1):43–53. <https://biotropika.ub.ac.id/index.php/biotropika/article/view/67>

- Muniappan R, Shepard BM, Watson GW, Carner GR, Sartiami D, Rauf A, & Hammig MD. 2008. First Report of the Papaya Mealybug, *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae), in Indonesia and India. *Journal of Agricultural and Urban Entomology* 25(1): 37–40.
- Muniappan R. 2010. *Recent Invasive Hemipterans and Their Biological Control in Asia*. IPM CRSP. Virginia Tech.
- Muliarta, I. N., & Darmawan, I. K. 2021. Processing Household Organic Waste Into Eco-Enzyme as an Effort to Realize Zero Waste. *Agriwar Journal*, 1(1), 6–11.
<https://ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/agriwar/article/view/3658>
- Munir, N. F., Malle, S., & Huda, N. 2021. *Karakteristik Fisikokimia Ekoenzim Limbah Kulit Jeruk Pameo (Citrus Maxima (Burm.) Merr.) Dengan Variasi Gula*. In Prosiding Seminar Nasion Al Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan (pp. 631-637).
- Nababan E. M. L., Laode R., dan Erwin S., 2022. Skrinning Fitokimia Ekstrak Etanol Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca L.*) dan Evaluasi Sediaan Krim Wajah. Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences. *Journal homepage:*
<https://prosiding.farmasi.unmul.ac.id>
- Nabilah R.A, Pratiwi A. 2019. *Pengaruh Pupuk Organik Cair Kulit Buah Pisang Kepok (Musa paradisiaca L). terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam (Amaranthus gracilis Desf)*. Prosiding Symposium on Biology Education) Prodi Pendidikan Biologi. FKIP. Universitas Ahmad Dahlan 30 Agustus 2019. E-ISSN 2528-5726.
- Nazim,F., dan Meera, V. (2013). *Treatments of synthetic greywater using 5 percent and 10 percent garbage enzyme solution*. *Bofring International Journal of Industrial. Engineering and Management Science*, 3, 111-117.
<https://doi.org?10.9756?BIJEMS.4733>
- Nazim, F., dan Meera, V., (2017). *Companrison of synthetic greywater using garbage Citrus enzymes*. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6 (4), pp. 49-54.
- Nepa JM., Telupere F. MS., Mulyaniti N. GA., 2023. Efek Penambahan Eko-Enzim Dalam Air Minum Terhadap Produksi Telur,

- Fertilitas, Daya Tetas Dan Kualitas Telur Ayam Ipb D-1. *Jurnal Ternak Tropika*. Vol 24, No. 1 pp. 75-82,
- Neupane, K. & Khadka, R. (2019). Production of Garbage Enzyme from Different Fruit and Vegetable Wastes and Evaluation of Its Enzymatic and Antimicrobial Efficacy. Tribhuvan University *Journal of Microbiology*, 6(1), 113–118.
- Niagara, Daningsih E., dan Titin. 2018. Sifat Fisik dan Kandungan Gizi Buah Pelutan, Senare, dan Ara' di Kalimantan Barat. *Jurnal Pendidikan*. Program Studi Pendidikan Biologi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Tanjungpura.
- Ningrum, R., Purwanti E. dan Sukarsono. 2016. Identifikasi Senyawa Alkaloid dari Batang Karamunting (*Rhodomlyrtus tomentosa*) Sebagai Bahan Ajar Biologi untuk SMA Kelas X. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. 2(3):231-236.
- Noerhandini, R. D., 2020. *Pengaruh Pemberian Perasan Umbi Gadung (Dioscorea hispida D.) Sebagai Insektisida Botani Terhadap Mortalitas Ulat Grayak (Spodoptera litura F.)*. Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Jember.
- Novianti, P., Agustina, W., dan Setyowati, E. 2016. *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas Alami Dengan Metode. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS). "Peningkatan Kualitas Pembelajaran Sains dan Kompetensi Guru melalui Penelitian & Pengembangan dalam Menghadapi Tantangan Abad-21"* Surakarta, 22 Oktober 2016. 459–466.
- Novita, M., Satriana., Martunis., Rohaya, S., and Hasmarita, E. 2012. Pengaruh pelapisan kitosan terhadap sifat fisik dan kimia tomat segar (*Lycopersicum pyriforme*) pada berbagai tingkat kematangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 4(3):1-8.
- Nugroho, H., Pasaribu, M. and Ismail, S. .2018. 'Toksisitas Akut Ekstrak *Albertisia papuana* Becc . pada *Daphnia magna* dan *Danio rerio* ', *Jurnal Biota*, 3(3), pp. 96–103.
- Nukmal, N. dan Andriyani R. 2017. Daya Insektisida Eksrak Polar Serbuk Daun Gamal Kultivar Pringsewu Terhadap Kutu Putih (Hemiptera: Pseudococcidae) pada Kakao. *Prosding Seminar Nasional. Fakultas Pertanian UMJ Pertanian dan Tanaman Herbal Berkelanjutan di Indonesia*. Hal 127-137.

- Nurliah, N., Elika, S., & Sagena, U. W. (2022). Sosialisasi Pengelolaan dan Pemanfaatan Sampah Organik Rumah Tangga Dalam Memproduksi Ekoenzim. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Madani (JPMM)*, 2(1), 33–39.
<https://doi.org/10.51805/jpmm.v2i1.47>
- 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).
- Nurzaman, F., Joshita D., Berna E. 2018. Identifikasi Kandungan Saponin dalam Ekstrak Kamboja Merah (*Plumeria rubra* L.) dan Daya Surfaktan dalam Sediaan Kosmetik. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*. Vol. 8 (2): 85-93.
- Oktofani, L. A., & Suwandi, J. F. 2019. Potensi Tanaman Pepaya (*Carica papaya*) sebagai Antihelmintik Potency of Papaya Plants (*Carica papaya*) as Antihelmintic. *Jurnal Majority*, 8(1), 246–250.
- Pedro M. Gutierrez, Aubrey N A, Bryle Adrian L. Eugenio, Santos MFL. 2014. Larvicidal Activity of Selected Plant Extracts against the Dengue vector *Aedes aegypti* Mosquito. *Int. Res. Journal Biological Sci*; 3(4), 23-32.
- 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.
- Pitri J. 2022. Uji Efektivitas Sebagian Pestisida Nabati Guna Mengendalikan Hama Gudang (*Sitophilus oryzae*) Pada Beberapa Varietas Beras di Laboratorium. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian [JIMTANI]*. Vol 2 Nomor 6 Juni 2022, hal 118-128. ISSN: 2808-7712.
- Pramayudi, N dan Hartati O. 2012. Biologi Hama Kutu Putih Pepaya (*Paracoccus marginatus*) pada Tanaman Pepaya. *J. Floratek* 7: 32-44.
- Prayoga, D. G. E., Nocianitri, K. A., & Puspawati, N. N. 2019. Antioksidan Ekstrak Kasar Daun Pepe (*Gymnema Reticulatum* Br) pada Berbagai Jenis Pelarut. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 8(2), 111–121.
- Putri, P. A., Chatri, M., & Advinda, L. 2023. Karakteristik Saponin Senyawa Metabolit Sekunder pada Tumbuhan. *Jurnal Serambi Biologi*, 8(2), 252-256. Retrieved from

<https://serambibiologi.ppj.unp.ac.id/index.php/srmb/article/view/207>

- Qinahyu, W. D., & Cahyati, W. H. 2016. Uji Kemampuan Anti Nyamuk Alami Elektrik Mat Serbuk Bunga Sukun (*Artocarpus altilis*) di Masyarakat. *Jurnal Care*, 4(3): 9–20.
- Rahmawati, E, I Hadiyah, F Kurniati, dan G Indriati. 2020. *Efikasi pestisida nabati minyak kemiri sunan (Reutealis trisperma (Blanco) Airy Shaw) untuk mengendalikan hama penggerek buah kopi (Hypothenemus Hampei Ferrari)*. Media Pertanian. 4(2): 81–87.
- Raini M. 2007. *Toksikologi Pestisida Dan Penanganan Akibat Keracunan Pestisida*. Media Litbang Kesehatan Vol. XVII No.3 Departemen Kesehatan. Jakarta.
- Rasit, N., Lim, H. F., & Azlina, W. 2019. Production and Characterization of Eco Enzyme Produced From Tomato and Orange Wastes and Its Influence on the Aquaculture Sludge. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(3).
- Rehena JF. 2010. Uji Aktivitas Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* LINN) sebagai Antimalaria in vitro. *Jurnal Ilmu Dasar* 11(1): 96-100.
- Rochyani, N.-, Utpalasari, R. L., & Dahliana, I. (2020). Analisis Hasil Konversi Eco Enzyme Menggunakan Nenas (*Ananas comosus*) dan Pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Redoks*, 5(2): 135-136 <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i2.5060>
- Ruaeny, T. A. 2010. *Pengaruh ekstrak herba anting anting (Acalypha Indica L.) terhadap tingkat mortalitas larva nyamuk Aedes albopictus*. Skripsi. Universitas Negeri Surabaya.
- Rusandi, R., Mardhiansyah, M., & Arlita, T. 2016. *Pemanfaatan ekstrak biji mahoni sebagai pestisida nabati untuk mengendalikan hama ulat grayak (Spodoptera litura F.) pada pembibitan Acacia crassicarpa A. Cunn. ex Benth.* Kazoku Syakaigaku Kenkyu, 28(2), 250–250. <https://doi.org/10.4234/jjoffamilysociology.28.250>
- Salsabila Annisa Zahwa. 2023. *Karakter Biokimia Ekoenzim Dari Kulit Pisang Kepok Manado (Musa paradisiaca Var. formatypica) Muda Dan Daya Hambatnya Pada Fusarium sp. Dan Xanthomonas campestris*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.

- Salsabilla V., Sudrajat, & Maharani Y. 2022. Keefektifan Formulasi Ekstrak Biji Mimba (*Azadirachta Indica*) dan Bitung (*Barringtonia asiatica*) terhadap Kutu Putih Pepaya (*Paracoccus marginatus*) (Hemiptera: Pseudococcidae). *Journal of Plant Protection*. 5(1): 38 – 44
- Salsabila Kamila Rana & Winarsih. 2023. The Effectivity of Giving Fruit Peels Ecoenzyme as Liquid Organic Fertilizer on the Growth of Pakcoy Mustard Plant (*Brassica rapa L.*). *LenteraBio*. Volume 12, Nomor 1: 50-59.
- Samriti, S., Sarabhai, S., & Arya, A. 2019. Garbage Enzyme: A Study on Compositional Analysis of Kitchen Waste Ferments. *The Pharma Innovation Journal* 2, 8(4), 1193–1197. https://www.thepharmajournal.com/archives/2019/vol8issue4/PartR/8-7-10_596.pdf
- Sartiami D, Dadang, Anwar R, & Harahap IS. 2009. *Persebaran hama baru Paracoccus marginatus di Provinsi Jawa Barat, Banten, dan DKI Jakarta*. Hlm 453-462 dalam: Prosiding Seminar Nasional Perlindungan Tanaman. Bogor, 5-6 Agustus 2009. Pusat Kajian Pengendalian Hama Terpadu IPB, Bogor
- Sayali, J., Shruti, S., Shweta, S., Sudarshan, P., Akash, D., and Shrikant, P., (2019). Use of Eco Enzymes in Domestic Water Treatment. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 4(2), pp. 568-569.
- Simarmata, P., Tobing, M. C., & Siregar, A. Z. 2021. Beberapa Aspek Biologi Kutu Putih (*Paracoccus marginatus*) (Hemiptera: Pseudococcidae) pada Terung di Rumah Kaca. *Jurnal Agrotek Tropika* 9 (3): 377-385.
- Soeryako. 2011. Pengaruh Pupuk Cair Kulit Pisang Kepok Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Caisim (*Brassica Jencea L*) *Jurnal Agroplasma* 2(2) 43.
- Sumihe G, Runtuwene MR, Rorong JA. Analisis fitokimia dan penentuan nilai LC₅₀ ekstrak metanol daun liwas. *Jurnal Ilmiah Sains*. 2014 ; 14(2) : 125-128.
- Suprapti ML, *Aneka Olahan Pepaya Mentah dan Mengkal*. Kanisius. Yogyakarta. 2005
- Suslingsih, S.E., Rahman, A., Yuswana, A., Rahayu M., Hisein, W.S.A., Pakki, T., Hasan, A., & Botek, M. (2022). Aplikasi Ekoenzim pada Tanaman Buah Naga (*Hylocereus undatus*) untuk

- Mengendalikan Hama Semut Api (*Solenopsis invicta*). *Jurnal Agroteknos*, 12(2), 53-59. DOI: 10.56189/j.agt.v12.i2.03.
- Sitinjak, N. 2022. *Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Sapi dan Eco-Enzyme terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis (Zea mays saccharataL.)*. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas HKBP Nommensen Medan.
- Sukardiman, dkk. (2020). *Buku Ajar Farmakognosi - Jilid 1*. Airlangga University Press.
<https://books.google.co.id/books?id=0JnIDwAAQBAJ>
- Suketi, K., Poerwanto, R., & Sujiprihati, S. (2020). Karakter Fisik dan Kimia Buah Pepaya pada Stadia Kematangan Berbeda Physical and Chemical Characteristics of Papaya at Different Maturity Stages. *Journal Agronomi*, 38(1), 60–66.
<https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalagronomi/article/view/1678/724>
- Supriyanti, F. M. T., Suanda, H, & Rosdiana, R. 2015. *Pemanfaatan Ekstrak kulit Pisang Kepok (Musa bluggoe) Sebagai Sumber Antioksidan pada Produksi Tahu, Departemen Pendidikan Kimia, FPMIPA, Bandung*, pp. 393-400.
- Suryani, R., dan Owbel. (2019). Pentingnya Eksplorasi dan Karakterisasi Tanaman Pisang sehingga Sumber Daya Genetik Tetap Terjaga. *Agro Bali : Agricultural Journal*, 2(2), 64-76.
- Susilowati LE, Mansur M, dan Zaenal A. 2021. Pembelajaran Tentang Pemanfaatan Sampah Organik Rumah Tangga Sebagai Bahan Baku Eko-Enzim. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 4(4):356–362.
- Suyanti dan Ahmad. 1992. *Pisang : Budidaya, Pengolahan, dan Prospek Pasar*. Jakarta: Penebar Swadaya
- Suyanti., Setyadjit., dan Arif, A. 2012. *Produk diversifikasi olahan untuk meningkatkan nilai tambah dan mendukung pengembangan buah pepaya (Carica papaya L.)*. Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian. vol 8(2): 62-70.
- Syakir. M. 2011. *Status Penelitian Pestisida Nabati. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Tanaman Perkebunan*. Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Thalib, R. Fachrullah, R.R. Adam, T. Khodijah. Dan Herlinda, S. 2014. Populasi dan serangan kutu putih pepaya *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae) pada tanaman pepaya

di daerah dataran rendah Sumatera Selatan. *Jurnal. HPT Tropika* 14 (2): 136 – 141.

- Tyas, W.,S. 2008. *Evaluasi Keragaman Pepaya (Carica papaya L.) di Enam Lokasi di Boyolali*. Skripsi Strata I, Institut Pertanian Bogor.
- Utami, S.P., Mulyawati, E., dan Soebandi, D.H. (2016). Perbandingan Daya Antibakteri Disinfektan Instrumen Preparasi Saluran Akar Natrium Hipoklorit 5,25%, Glutaraldehyd 2%, dan Disinfektan Berbahan Dasar Glutaraldehyd terhadap *Bacillus subtilis*. *Jurnal Kedokteran Gigi*, 7(2), 151-156.
- Vama, L., & Cherekar, M. N. (2020). Production, Extraction and Uses of Eco Enzyme Using Citrus Fruit Waste: Wealth from Waste. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology & Environmental Sciences Paper*, 22(2), 346-351. <http://www.envirobiotechjournals.com/AJMBES/v22i220/AJM-18.pdf>
- Verma D, Singh AN, Skhula AN. 2019. Use of garbage enzyme for treatment of waste water. *International Journal of Scientific Research and Review*. 7(7): 201–205
- Viza, R. Y. (2022). Uji Organoleptik Eco-Enzyme dari Limbah Kulit Buah. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 5(1), 24–30. <https://doi.org/10.31539/bioedusains.v5i1.3387>
- Wahyuni, P.T., 2015, *Pengaruh Pemberian Pisang Kepok (Musa Paradisiaca Forma Typical) Terhadap Kadar Glukosa Darah Puasa Pada Tikus Sprague Dawley Pra Sindrom Metabolik*, Artikel Penelitian, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Walker, A. Hoy M, Meyerdirk D. 2003. *Papaya mealybug (Paracoccus marginatus Williams & Granara de Willink (Insecta: Hemiptera: Pseudococcidae))*. Featured creatures. Entomolgy and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida, Gainesville, FL.
- Walker A, Hoy M, Meyerdirk D. 2006. *Papaya mealybug (Paracoccus marginatus Williams and Granara de Willink (Insecta: Hemiptera: Pseudococcidae))*. Featured Creatures. Gainesville, Institute of Food and Agricultural Sciences, University http://entnemdept.ufl.edu/creatures/fruit/mealybugs/papaya_mealybug.htm

- Ward OP, Rao MB, Kulkarni A. 2009. Proteases Production. *Appli. Microbiology Industrial* 495-511.
- Wardini, L. A., & Sulandjari, S. (2017). Pengaruh Penambahan Tepung Kulit Pisang Kepok dan Kulit Jeruk Nipis terhadap Hasil Lulur Tradisional. *E Journal UNESA*, 06(1), 73–80.
- Wusnah, Bahri, S., dan Hartono, D. 2019. Jurnal Teknologi Kimia Unimal Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* B . C) secara Fermentasi Abstrak. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1): 48–56.
- Williams DJ, and Granara de Willink MC. 1992. *Mealybugs of Central and South America*. CAB International. Wallingford. Oxon, UK, 635 p.
- Wulandari D, Fatmawati DN, Qolbaini EN, Mumpuni KE, Praptinasari S. 2009. Penerapan MOL (*Mikroorganisme Lokal*) Bonggol pisang sebagai biostarter pembuatan kompos. [PKM P]. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Yang, S.-T., Enshasy, H.E., and Thongchul, N. (2013). *Bioprocessing Technologies in Biorefinery for Sustainable Production of Fuels, Chemicals, and Polymers*. USA: American Institute of Chemical Engineers (AIChE)
- Yasni, S. 2012. *Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Produk Ekstraktif Rempah*. Bogor. IPB Pres
- Yuliono, A, Mega SJ Sofiana, Ikha Safitri, Warsidah, Kushadiwijayanto AA, Helena S, (2021). Peningkatan Kesehatan Masyarakat Teluk Batang secara Mandiri melalui pembuatan Handsanitizer dan Desinfektan berbasis Eco Enzyme dari Limbah Sayuran dan Buah, *J. o Community of Health.*, Vol. 4 No 2. Sep 2021. Page. 371-377
- Yuantri MG Catur, Budia W, Henna RS. 2013. *Tingkat Pengetahuan Petani Dalam Menggunakan Pestisida (Studi Kasus Desa Curut Kec. Penawangan Kab Grobogan)*. Prosiding seminar nasional pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan. Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Yusi, H. 2018. Identifikasi senyawa tanin pada daun belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) *Jurnal Optimalisasi*. 4(2):78–82. <http://jurnal.utu.ac.id/joptimalisasi/article/view/1475>
- Zainal NB., Aji OR., Pratiwi A., 2023. Evaluasi Karakteristik Sensori Ekoenzim Dengan Penambahan Khamir Dan Kombinasi Kulit

Buah. *Jurnal Ilmiah Biologi*. Vol. 11, No. 1, June 2023; Page, 220-230

Zega, U., & Fau A., 2021. Pengaruh Ekstrak Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) Sebagai Insektisida Alami Dalam Membasmi Lalat Rumah (*Musca domestica*). *Jurnal Education and Develompent*. Institut Pendidikan Tapanuli Selatan. Vol.9 No.2.