

**KARAKTERISTIK DAN EFEKTIVITAS *ECO ENZYME* BERBAHAN
DASAR LIMBAH ORGANIK YANG BERBEDA SEBAGAI PENGAWET
BUAH TOMAT (*Solanum esculentum* Mill.)**

(Tesis)

Oleh

PRIMASARI LINDA SETIAWATI



**PROGAM PASCASARJANA MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

ABSTRAK

KARAKTERISTIK DAN EFEKTIVITAS *ECO ENZYME* BERBAHAN DASAR LIMBAH ORGANIK YANG BERBEDA SEBAGAI PENGAWET BUAH TOMAT (*Solanum esculentum* Mill.)

Oleh

PRIMASARI LINDA SETIAWATI

Eco enzyme merupakan larutan zat organik kompleks yang dihasilkan dari fermentasi limbah organik, gula dan air. Cairan *Eco enzyme* umumnya berwarna gelap dan memiliki aroma asam/segar yang kuat.

Eco enzyme mengandung senyawa asam dan alkohol yang sangat berperan sebagai antimikroba. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik *eco enzyme* berbasis lima limbah organik, yaitu *eco enzyme* berbahan dasar kulit nanas (P1), kulit jeruk lemon (P2), kulit pisang (P3), potongan batang dan juga daun bayam (P4), dan daun singkong (P5), serta mengetahui efektifitas *eco enzyme* terhadap proses pengawetan buah tomat (*Solanum esculentum* Mill.)

Penelitian ini terdiri dari 2 tahap penelitian. Pertama, penentuan karakteristik *eco enzyme* yang berbasis lima bahan organik. Kedua, penentuan efektifitas *eco enzyme* sebagai pengawet buah tomat. Secara kuantitatif dengan 6 perlakuan (P0 kontrol, P1, P2, P3, P4, P5) dengan 4 kali pengulangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik *eco enzyme* berbasis lima limbah organik sebagai berikut. Keasaman (pH) tertinggi terdapat pada perlakuan P2 sebesar 3,42. Total asam tertinggi terdapat pada perlakuan P5 sebesar 5,25%. Populasi BAL dan populasi yeast tertinggi terdapat pada perlakuan P4 yaitu 2,34 Log CFU/ml dan 2,02 Log CFU/ml. Efektifitas *eco enzyme* terhadap tingkat keawetan buah tomat terbaik diperoleh dari P4 *eco enzyme* berbahan dasar bayam yaitu 70 %.

Kata Kunci: Buah Tomat, *Eco Enzyme*, Limbah Organik

**KARAKTERISTIK DAN EFEKTIVITAS *ECO ENZYME* BERBAHAN
DASAR LIMBAH ORGANIK YANG BERBEDA SEBAGAI PENGAWET
BUAH TOMAT (*Solanum esculentum* Mill.)**

Oleh

PRIMASARI LINDA SETIAWATI

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER SAINS**

Pada

**Progam Pascasarjana Magister Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**PROGAM STUDI MAGISTER BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

Judul Tesis : KARAKTERISTIK DAN EFEKTIVITAS *ECO ENZYME* BERBAHAN DASAR LIMBAH ORGANIK YANG BERBEDA SEBAGAI PENGAWET BUAH TOMAT (*Solanum esculentum* Mill.)

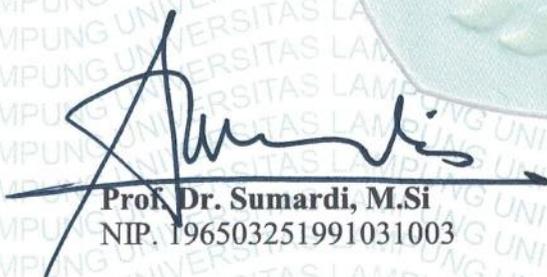
Nama Mahasiswa : Primasari Linda Setiawati

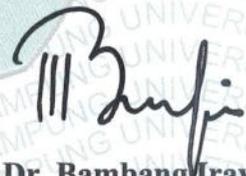
Nomor Pokok Mahasiswa : 2027021007

Program Studi : Magister Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Prof. Dr. Sumardi, M.Si
NIP. 196503251991031003


Dr. Bambang Irawan, M.Sc.
NIP 196503031992031006

2. Ketua Program Studi


Dr. Nuning Nurcahyani, M.Sc.
NIP.196603051991032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : Dr. Bambang Irawan, M.Sc.

**Penguji
Bukan Pembimbing 1 : Dr. Endang Nurcahyani, M. Si.**

Bukan Pembimbing 2 : Rochmah Agustrina, Ph.D.

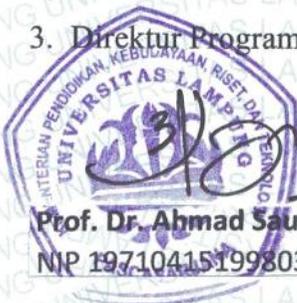
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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

3. Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ahmad Saudi Samosir. S.T., M.T.
NIP 197104151998031005

4. Tanggal Lulus Ujian : 10 Maret 2023



(Handwritten signatures of Prof. Dr. Sumardi, Dr. Bambang Irawan, Dr. Endang Nurcahyani, Rochmah Agustrina, and Dr. Eng. Heri Satria)

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Primasari Linda Setiawati

NPM : 2027021007

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

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

Bandar Lampung, Maret 2023
Pembuat pernyataan



Primasari Linda Setiawati
NPM. 2027021007

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Primasari Linda Setiawati, atau akrab disapa Linda, dilahirkan di Bandung, Jawa Barat pada tanggal 23 Maret 1973. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Zuhri Cikderi (anumerta) dan Ibu Darma Kirti.

Penulis mempunyai satu orang kakak perempuan yaitu Rima Susiana dan satu orang kakak laki-laki yaitu Firman Riady. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD N 3 Pulau Beringin, Sumatera Selatan diselesaikan tahun 1986. Pendidikan menengah pertama di SMP Budi Mulia Bandar Lampung diselesaikan pada tahun 1989. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA N 5 (sekarang SMA N 9) Bandar Lampung dan dinyatakan lulus pada tahun 1992. Pada tahun 1993-1998 sebagai mahasiswa Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Pada tahun 2020 hingga 2023 menjadi mahasiswa Magister Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Saat ini penulis adalah ASN guru pada SMK SMTI Bandar Lampung, Kementerian Perindustrian. Penulis mengampu mata diklat praktikum analisis Mikrobiologi dan Ketua Lembaga Sertifikasi Profesi (LSP P-I) SMK SMTI BDL.

Penulis juga aktif di organisasi Ikatan Asesor Profesional sebagai pengurus DPW IASPRO Provinsi Lampung di bawah naungan IASPRO Nasional dan Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BNSP).

MOTTO

“Kita boleh saja kecewa dengan apa yang telah terjadi, tetapi jangan pernah kehilangan harapan untuk masa depan yang lebih baik”

(Bambang Pamungkas)

“Saya bisa menerima kegagalan, tetapi saya tidak bisa menerima segala hal yang tidak pernah diusahakan”

(Michael Jordan)

“Orang tidak memutuskan untuk menjadi luar biasa. Mereka memutuskan untuk mencapai hal-hal luar biasa.”

(Edmund Hillary)

PERSEMBAHAN

Bismillāhīroḥmanirrahīm

Alḥamdulillāhirabbil a'lamīn, atas segala nikmat yang telah Engkau berikan ya Allah. Allāhumashāliāsyayidīna Muḥammad, shalawat serta salam semoga tercurah kepada insan yang paling mulia, suri tauladan kami Rasuḥullāh SAḤ.

Kupersembahkan karya kecilku ini untuk orang-orang tercinta

Bapak (alm) dan ibu yang tiada hentinya menyebutkan namaku dalam tiap doa'nya yang selalu memberikan pelukan hangat penuh kasih serta beribu cinta yang tiada hentinya

Suami dan anak-anaku tercinta yang selalu mensupport

Untuk semua pihak yang telah mendukung, memberi banyak pengajaran dan motivasi dalam tiap perjalananku

Dan Almamterku tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulillah rabbil'amin,

Karena berkat rahmat dan karunia Allah SWT penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Penentuan Karakteristik Dan Efektivitas *Eco Enzyme* Berbahan Dasar Limbah Organik Yang Berbeda Sebagai Pengawet Buah Tomat (*Solanum esculentum* Mill.)”** yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains di Universitas Lampung.

Penulis telah menerima banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dalam penyusunan tesis ini. Oleh sebab itu, sebagai wujud rasa hormat penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D. E. A., L.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr.Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., selaku Direktur Program Pascasarjana Universtas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Dr. Sumardi, M.Si. selaku dosen pembimbing utama sekaligus pembimbing akademik yang telah memberikan ilmu, bantuan, kritik dan saran, serta motivasi selama perkuliahan, pelaksanaan penelitian hingga penyusunan tesis.

5. Bapak.Dr. Bambang Irawan, M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua atas saran, bimbingan serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan tesis.
6. Ibu Dr. Endang Nurcahyani, M.Si. selaku dosen pembahas satu dan Ibu Rochmah Agustrina, Ph.D., selaku pembahas dua atas ilmu, kritik dan saran yang telah diberikan kepada penulis dalam menyusun tesis.
7. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si. selaku ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.
8. Ibu Dr. Nuning Nurcahyani, M.Si., selaku Ketua Program Studi Magister Biologi FMIPA Universitas Lampung.
9. Orang tua dan kedua kakakku yang telah mendo'akan dan selalu mensupport dalam belajar dan karier penulis.
10. Suami dan anak-anaku yang menjadi support sistem dalam kehidupan penulis.
11. Bapak Farid Hardiana, S.E., M.Ak. selaku kepala sekolah SMK SMTI Bandar Lampung yang sudah memberikan motivasi dan dukungannya.
12. Ibu Sulastri M.T.A. dan Euis Nurbanati, M.Pd., teman sejawat yang selalu memotivasi dan mensupport selama kuliah hingga tesis ini selesai.
13. Ibu Oni Mastuti, S.Si. selaku Laboran Mikrobiologi terbaik atas kerjasama, dukungan, do'a dan bantuan selama penelitian dan penulisan tesis.
14. Teman-teman penelitian Suminta M.Si., Nuri Oktavia, S.Si. dan Arie Khoiriah, M.Si, selaku teman bersama selama masa perkuliahan dan penelitian hingga penyusunan tesis.
15. Serta Al mamter Universitas Lampung yang tercinta

Demikianlah, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan baru kepada setiap orang yang membacanya.

Bandar Lampung, Maret 2023

Primasari Linda Setiawati

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Kerangka Pemikiran.....	4
1.4. Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>Enzyme</i>	6
2.2. <i>Eco enzyme</i>	9
2.3. Tanaman Tomat	13
2.4. Klasifikasi Tanaman Tomat.....	15
III. METODE PENELITIAN	16
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2. Alat dan Bahan.....	16
3.3. Rancangan Penelitian.....	17

3.4. Diagram Alir	18
3.5. Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.5.1. Pembuatan <i>eco enzyme</i>	19
3.5.2. Penentuan pH.....	20
3.5.3. Penentuan Total Asam.....	20
3.5.4. Penentuan Total Bakteri Asam Laktat (BAL)	21
3.5.5. Penentuan Total <i>Yeast</i>	22
3.5.6. Aplikasi <i>Eco Enzyme</i> Dalam Pengawetan Tomat Buah	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1. Hasil	25
4.1.1. Keasaman (pH) dan Total Asam <i>Eco Enzyme</i> dari Lima Bahan Organik yang Berbeda	25
4.1.2. Populasi Bakteri Asam Laktat (BAL) pada Lima Produk <i>Eco Enzyme</i> yang Berbeda	26
4.1.3. Populasi <i>Yeast</i> pada Lima Produk <i>Eco Enzyme</i> yang Berbeda	27
4.1.4. Aplikasi <i>Eco Enzyme</i> Sebagai Pengawet Buah Tomat (<i>Solanum esculentum</i> Mill.)	28
4.2. Pembahasan.....	29
4.2.1. Keasaman (pH) dan Total Asam <i>Eco Enzyme</i> pada Lima Bahan Organik Berbeda.....	29
4.2.2. Populasi Bakteri Asam Laktat (BAL) pada Lima Produk <i>Eco Enzyme</i> yang Berbeda	30
4.2.3. Populasi <i>Yeast</i> pada Lima Produk <i>Eco Enzyme</i> yang Berbeda	31
4.2.4. Aplikasi <i>Eco Enzyme</i> Sebagai Pengawet Buah Tomat.....	32
V. KESIMPULAN DAN SARAN	34
DAFTAR PUSTAKA	36

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Komposisi bahan <i>Eco Enzyme</i>	20
Tabel 2. Perlakuan Uji Fektivitas Lima <i>Eco Enzyme</i> Sebagai Pengawetan Buah Tomat (<i>Solanum Esculentum</i> Mill) Dengan Bahan Organik Yang Berbeda	23
Tabel 3. Skala Mutu Berdasarkan Standarisasi Milenia (2020).....	25
Tabel 4. Hasil Analisis Rata-Rata Keasaman (pH) dan Total Asam (%) <i>Eco Enzyme</i> dengan Bahan Organik yang Berbeda.....	25

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Produk <i>Eco enzyme</i>	13
Gambar 2. Diagram Alir penelitian.....	18
Gambar 3. Populasi Bakteri Asam laktat Pada Kelima <i>Eco Enzyme</i>	27
Gambar 4. Populasi <i>Yeast</i> Pada Kelima Produk <i>Eco Enzyme</i>	28
Gambar 5. Tingkat Keawetan Buah Tomat Yang Disemprot <i>Eco Enzyme</i>	29

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Eco enzyme merupakan larutan zat organik kompleks yang dihasilkan oleh fermentasi limbah organik, gula dan air. Cairan *eco enzyme* berwarna gelap dan memiliki aroma asam/segar yang kuat (Hemalatha dan Visantini, 2020). *Eco enzyme* diperkenalkan oleh Dr. Rasukon Poompanvong dari Thailand lebih dari 30 tahun yang lalu. Dr. Rasukon secara efektif meneliti penggunaan sisa bahan dapur yang tidak berguna menjadi bahan yang bermanfaat dan ramah lingkungan. *Eco enzyme* memiliki kemampuan tinggi dalam membunuh bakteri *E. coli*, *S. aureus*, *S. Typhi*, *C. Albicans*, dan virus (Aruna & P, 2015) sehingga diaplikasikan pada permukaan buah untuk dapat menghambat pertumbuhan mikroba perusak atau patogen pada buah.

Eco enzyme menghasilkan berbagai jenis enzim juga mengandung senyawa asam dan alkohol yang sangat berperan sebagai antimikroba. Pada proses fermentasi karbohidrat dihasilkan senyawa volatile dan disamping itu, asam organik yang terdapat pada bahan limbah juga ikut larut ke dalam larutan fermentasi karena pH enzim limbah bersifat asam. Enzim limbah memiliki kekuatan tertinggi untuk mengurangi atau menghambat patogen karena sifat asam membantu mengekstraksi enzim ekstraseluler dari limbah organik ke dalam larutan selama proses fermentasi (Aulia *et al.*, 2021). Gula merupakan substrat yang digunakan

untuk menghasilkan alkohol. Pada umumnya bahan dasar yang mengandung senyawa organik terutama glukosa atau pati dapat digunakan sebagai substrat dalam proses fermentasi alkohol (Supriyani *et al.*, 2020).

Senyawa asam organik yang dihasilkan dalam proses fermentasi umumnya berasal dari metabolit yang diekskresikan oleh bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat (BAL) adalah kelompok bakteri gram positif, tidak berspora, berbentuk bulat atau batang dan memproduksi asam laktat sebagai produk akhir metabolic utama selama proses fermentasi (Ramesh, 2015). BAL dengan karakteristiknya bermanfaat sebagai agen pengawet bahan pangan baik dari produk fermentasi maupun nonfermentasi, diantaranya untuk pengawetan buah (Sari, 2020).

Buah tomat merupakan salah satu bahan pangan yang mengandung antioksidan yang cukup tinggi (Mu'nisa, 2012). Kandungan senyawa polifenol, karotenoid, asam askorbat, potasium, vitamin A, dan vitamin C pada tomat bertindak sebagai antioksidan. polifenol pada tomat sebagian besar terdiri dari flavonoid, dan jenis karotenoid yang dominan adalah pigmen likopen (Eveline *et al.*, 2014). Likopen dalam tubuh bermanfaat dalam menghambat aktivitas stress oksidatif, berfungsi untuk meningkatkan aktivitas antioksidan dan berperan dalam proses non-oksidatif (seperti pengaturan respon imun dan pengaturan metabolisme). oleh karena itu tomat memiliki peran kemopreventif (Febriansah *et al.*, 2016).

Penggunaan bahan tambahan pangan (BTP) untuk mengawetkan bahan pangan dalam kurun waktu tertentu semakin meningkat dan menjadi kekhawatiran saat ini (Lestari dkk., 2018). Bahan tambahan pangan (BTP) digunakan dengan tujuan untuk memperpanjang masa simpan suatu komoditi atau produk pangan. Namun, kurangnya pengetahuan tentang bahaya penggunaan bahan tambahan pangan ini, dimana produsen sering kali menggunakan bahan tambahan pangan tersebut secara berlebihan, atau dengan dosis yang tidak tepat hanya untuk meminimalisasi biaya produksi

dan memperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya (Zazili dan Hartono, 2016)

Formalin banyak digunakan oleh produsen untuk mengawetkan bahan pangan dikarenakan sifatnya yang dapat membunuh bakteri perusak atau sebagai antimikroba. Efek merugikan yang diberikan oleh formalin bagi tubuh seperti diare, alergi, gangguan pencernaan, iritasi lambung, dan efek jangka panjangnya yaitu dapat menyebabkan kanker (Julaeha dkk., 2016). Menurut WHO (2007) formalin dalam darah dapat menimbulkan keracunan (toksik) apabila kadarnya sudah mencapai 6 gram per berat tubuh manusia. Resiko yang disebabkan oleh formalin bagi kesehatan tersebut membutuhkan pengawet untuk produk makanan seperti buah sehingga aman untuk dikonsumsi. Salah satu pengawet alami yang dapat dijadikan solusi dari masalah pengawet makanan atau buah ini adalah dengan penggunaan *eco enzyme*.

Pemanfaatan *eco enzyme* sebagai bahan pengawet alami sudah diteliti, pada pengawetan tomat cherry (Mawar, 2020), kersen, dan pisang raja (Elsinta, 2020), serta anggur (Rizki, 2022).

Berdasarkan uraian di atas diketahui bahwa *eco enzyme* dapat digunakan sebagai bahan pengawet alami pada bahan pangan karena memiliki karakteristik pH asam, mengandung alkohol, senyawa asam, bakteri asam laktat dan *yeast*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik *eco enzyme* berbahan dasar limbah organik yang berbeda: kulit nanas, kulit jeruk lemon, kulit pisang, bayam, daun singkong, dan *eco enzyme* diaplikasikan sebagai pengawet pada buah tomat (*Solanum esculentum* Mill.).

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. mengetahui karakteristik *eco enzyme* berbasis lima limbah organik yaitu keasaman (pH), total asam, populasi BAL, dan populasi *yeast*.
2. mengetahui efektifitas *eco enzyme* dari lima bahan organik berbeda sebagai bahan pengawet buah tomat.

1.3. Kerangka Pemikiran

Larutan zat organik kompleks hasil fermentasi limbah bahan organik yang diberi air dan gula disebut *eco enzyme*. Larutan *eco enzyme* memiliki ciri berwarna coklat dan beraroma asam segar yang kuat. Proses pembuatan *eco enzyme* termasuk ke dalam fermentasi anaerob. Secara anaerob *Saccharomyces cerevisiae* akan mengubah karbohidrat menjadi alkohol dan CO₂. Efektivitas *eco enzyme* sebagai pengawet untuk mengurangi dan menghambat bakteri patogen sangat ditentukan oleh bahan organik sederhana yang terkandung di dalamnya. Asam organik yang terkandung di dalam *eco enzyme* menyebabkan larutan *eco enzyme* bersifat asam.

Bakteri asam laktat dikatakan sebagai agen pengawet karena menghasilkan senyawa-senyawa yang mampu menghambat pertumbuhan berbagai mikroba. Sebagian besar efek antimikroba dihasilkan dari pembentukan asam laktat dan asam asetat serta penurunan pH. Senyawa-senyawa penghambat lain seperti hidrogen peroksida, diasetil, karbondioksida, reuterin, dan bakteriosin juga dihasilkan oleh bakteri asam laktat sehingga *eco enzyme* menjadi cairan yang sangat baik sebagai pengawet alami. Selain mengandung senyawa asam organik, *eco enzyme* juga mengandung alkohol yang berperan sangat penting sebagai antimikroba.

Bahan pengawet pangan dibagi ke dalam 2 kategori yaitu pengawet sintesis dan pengawet alami. Pengawet sintesis yang biasa digunakan pada bahan pangan misalnya formalin. Akan tetapi penggunaan formalin dilarang oleh BPOM karena efek formalin yang sangat berbahaya bagi kesehatan. Pengawet alami adalah solusi terbaik untuk digunakan sehingga banyak kajian ilmiah untuk menemukan bahan pengawet alami salah satunya adalah *eco enzyme*.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan efektifitas *eco enzyme* berbahan kulit buah dan sisa sayuran sebagai pengawet buah tomat (*Solanum esculentum* Mill.).

1.4. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini antara lain :

1. karakteristik *eco enzyme* berbeda untuk setiap jenis bahan limbah organik yang digunakan.
2. efektifitas *eco enzyme* sebagai pengawet buah tomat berbeda untuk setiap jenis bahan limbah organik yang digunakan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Enzyme*

Enzyme adalah protein yang bertindak sebagai biokatalisator dalam reaksi kimia dalam sistem metabolisme. Dengan adanya *enzyme* proses metabolisme dalam tubuh dapat berlangsung secara cepat. Keunggulan *enzyme* sebagai biokatalisator antara lain memiliki spesifikasi tinggi, mempercepat reaksi kimia tanpa membentuk produk samping, produktivitas tinggi dan dapat menghasilkan produk akhir yang tidak terkontaminasi sehingga mengurangi biaya purifikasi dan efek kerusakan lingkungan (Chaplin and Bucke, 1990). *Enzym* bersifat spesifik baik terhadap substrat yang dikatalisis maupun produk reaksinya.

Biokatalis protease, amilase, dan lipase yang terkandung di dalam eco enzyme dapat menurunkan pH air limbah secara signifikan karena asam sitrat yang terkandung dalam *eco enzyme* (Rasit *et al*, 2019). Biokatalis ini dapat berperan dalam proses reduksi amonium atau nitrat sebagai akseptor elektron, juga dalam penyerapan substrat untuk pertumbuhan sel yang dapat mengakibatkan perubahan pH (Ismail *et al*, 2022).

Enzim dibagi menjadi enam klasifikasi berdasarkan jenis reaksi yang dikatalis oleh *enzyme* yaitu sebagai berikut (McMurry and Mary, 1994).

a. Oksidoreduktase

Oksidoreduktase adalah *enzyme* yang mampu mengkatalis reaksi oksidasi atau reduksi suatu bahan. Terdapat 2 jenis *enzyme* utama pada golongan

enzyme oksidoreduktase ini yaitu oksidase dan dehidrogenase. Oksidase merupakan *enzyme* yang berfungsi mengkatalis reaksi antara substrat dengan molekul oksigen, sedangkan dehidrogenase merupakan *enzyme* yang aktif dalam proses pengambilan atom hydrogen dari substrat.

b. Transferase

Transferase merupakan *enzyme* yang ikut serta dalam reaksi pemindahan suatu radikal atau gugus. Yang termasuk dalam golongan *enzyme* jenis ini adalah transglukosidase, transfosforilase, transaminase, dan transasetilase.

c. Hidrolase

Hidrolase merupakan *enzyme* yang sangat penting dalam pengolahan pangan, karena berfungsi untuk mengkatalis reaksi hidrolisis suatu substrat atau pemecahan substrat dengan bantuan molekul air.

d. Liase

Liase merupakan *enzyme* yang aktif dalam pemecahan ikatan C-C dan ikatan C-O dengan tidak memerlukan molekul air. *Enzyme* dekarboksilase termasuk ke dalam golongan *enzyme* liase ini.

e. Isomererase

Isomerase merupakan *enzyme* yang berfungsi mengkatalis reaksi perubahan konfigurasi molekul substrat, sehingga dihasilkan molekul baru sebagai isomer dari substrat, atau dengan perubahan isomer posisi. Yang termasuk dalam golongan *enzyme* ini adalah *enzyme* fosfoheksosa isomerise atau *enzyme* fosfomanosa isomerase.

f. Ligase

Ligase merupakan *enzyme* yang mengkatalis terjadinya ikatan besama atau penggabungan dua molekul substrat dengan partisipasi dari ATP.

Enzyme secara spesifik bekerja dalam mengkatalis suatu reaksi. Jenis reaksi tertentu hanya dapat dikatalis oleh *enzyme* tertentu, dan hanya substrat tertentu yang dapat dikatalis. *Enzyme* memiliki sisi aktif yang dapat melakukan fungsi pengarahan, pengikatan, dan katalis, yang tidak terdapat pada protein pada umumnya. Sisi aktif ini umumnya berbentuk celah, yang

terbentuk dari sisa asam amino bagian rantai polipeptida *enzyme*. Substrat *enzyme* harus masuk dulu ke dalam celah sebelum diurai atau digandengkan. Substrat yang masuk ke dalam celah harus memenuhi beberapa syarat yaitu komplementer dengan celah dan harus ada bagian yang labil agar bisa digandengkan atau diurai (Martoharsono, 2006).

Aktivitas *enzyme* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu, pH, konsentrasi substrat, konsentrasi *enzyme*, serta keberadaan inhibitor (Hames dan Hooper, 2005).

a. Suhu

Enzyme adalah suatu protein, kenaikan suhu akan menyebabkan terjadinya proses denaturasi sehingga kecepatan reaksi menurun tajam di atas suhu optimal (Fitriani, 2003)

b. pH

Sedikit pergeseran pH dari pH optimum akan menyebabkan perubahan besar pada reaksi yang dikatalis *enzyme* (Murray et al., 2003). Hal ini disebabkan oleh asam amino yang merupakan pusat aktif *enzyme* harus berada dalam keadaan ionisasi yang tetap agar menjadi aktif, karena pada hakekatnya *enzyme* adalah protein yang tersusun atas asam amino yang dapat melakukan ionisasi (Hames dan Hopper, 2000)

c. Konsentrasi substrat

Konsentrasi substrat dapat mempengaruhi kecepatan reaksi suatu *enzyme*. Konsentrasi tinggi dapat memperbesar laju reaksi. Akan tetapi, apabila konsentrasi substrat diperbesar maka tidak akan ada lagi penambahan laju reaksi (Stryer, 2002).

d. Konsentrasi *enzyme*

Enzyme sering kali memerlukan bantuan substansi lain agar berfungsi secara efektif. Ko-*enzyme* adalah substansi bukan protein yang dapat mengaktifkan *enzyme*.

e. Inhibitor

Inhibisi atau hambatan pada suatu reaksi menggunakan *enzyme* sebagai katalis dapat terjadi apabila penggabungan substrat pada bagian aktif

enzyme mengalami hambatan. Hambatan yang terjadi dapat berupa hambatan tidak reversible atau hambatan reversible. Hambatan tidak reversible disebabkan oleh terjadinya modifikasi sebuah gugus fungsi atau lebih yang terdapat pada molekul *enzyme*. Hambatan reversible dapat berupa hambatan bersaing atau hambatan tidak bersaing.

Buah nanas sendiri merupakan tanaman yang dapat menyimpan air dalam jumlah banyak. Nanas memiliki kandungan air 90%, kaya akan kalsium, kalium, fosfor, magnesium, zat besi, dan natrium. Selain itu kaya akan asam, biotin, vitamin A, vitamin B12, vitamin C, dan *enzyme* bromelin yang dapat menghidrolisis protein menjadi *peptide* (Rochyani dkk., 2020). *Enzyme* bromelin merupakan anti inflamasi, bekerja secara stabil pada pH 2-9 dan pada temperature 50⁰C (Maharani dkk., 2020).

2.2. *Eco enzyme*

Eco enzyme merupakan larutan zat organik kompleks yang diproduksi dari proses fermentasi limbah bahan organik. Larutan *eco enzyme* ini berwarna coklat gelap dan memiliki aroma asam/segar yang kuat (Hemalatha dan Visantini, 2020). *Eco enzyme* pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Rosukon Poompanvong dari Thailand. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengubah substrat yang terdapat dalam sampah organik menjadi larutan senyawa organik yang lebih sederhana.

Cairan *eco enzyme* merupakan produk yang sangat fungsional, mudah digunakan dan mudah diproduksi, karena bahan-bahan yang digunakan sangat sederhana dan mudah diperoleh. Prinsip kerja dari *eco enzyme* adalah sisa sayuran dan kulit buah-buahan akan difermentasi di dalam larutan air gula merah selama waktu tertentu (Utami, 2020).

Proses pembuatan *eco enzyme* biasanya membutuhkan waktu hingga tiga bulan. Namun, apabila dalam proses pembuatan *eco enzyme* digunakan ragi

hanya membutuhkan waktu selama enam hari. *Eco enzyme* dapat dibuat dari campuran bahan-bahan organik yang berupa limbah dapur seperti kulit buah atau sisa sayur, gula merah, dan juga air dengan perbandingan 3:1:10, jadi untuk membuat 100 ml *eco enzyme* diperlukan 30g limbah dapur, 10g gula merah, dan 100 ml air (Maharani, 2020).

Reaksi yang terjadi setelah proses fermentasi berlangsung yaitu: $2\text{CO}_2 + \text{N}_2\text{O} + 5\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3 + 2\text{NO}_3 + 2\text{CO}_3$. Karbondioksida dan natrium dioksida bereaksi dengan oksigen menghasilkan gas ozon (O_3), nitrat (NO_3) dan karbon trioksida (CO_3). Setelah proses fermentasi terjadi sempurna, barulah *eco enzyme* terbentuk. Hasil akhir ini juga menghasilkan residu tersuspensi (endapan) di bagian bawah yang merupakan bahan organik. Residu tersebut dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik (Rochyani dkk., 2020).

Eco enzyme melepas gas ozon (O_3) yang dapat mengurangi karbondioksida di udara penyebab polusi (CO_2) ke atmosfer dan mengikat panas di awan. Kandungan *eco enzyme* antara lain asam asetat dan asam sitrat merupakan senyawa pembunuh mikroorganisme terutama patogen. *Enzyme* yang dihasilkan fermentasi bahan organik dapat mengubah amonia menjadi nitrat yang berguna untuk menyuburkan tanaman. *Enzyme* yang terdapat pada cairan *eco enzyme* antara lain amilase, tripsin dan lipase berfungsi menguraikan bahan organik menjadi senyawa *eco enzyme* yang terlarut dalam larutan multifungsi (Suryani, 2020).

Semua bahan organik dari sisa sayuran dan buah-buahan, seperti kulit nanas, kulit jeruk, kulit mangga, dan lain-lain bisa dimanfaatkan untuk membuat *eco enzyme*, kecuali salak, durian dan alpukat karena kulit buah nya sedikit sekali kandungan kadar air nya sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk diuraikan. Penggunaan bahan organik juga disesuaikan dengan kebutuhan dan penggunaannya. Produk *eco enzyme* untuk pengharum ruangan dipilih bahan yang beraroma segar seperti jeruk, mangga, na nas dan lain-lain. *Eco enzyme* sangat baik untuk membilas sayuran sebelum dimasak dan buah-buahan

sebelum kita konsumsi, karena *eco enzyme* mampu menetralkan pestisida, herbisida, logam berat, lilin dan sel parasit yang melekat pada sayuran dan buah dengan dosis dua sendok *eco enzyme* dengan satu liter air bilasan. Jika bekas air bilasan tersebut kita buang ke parit akan memperbaiki kualitas air parit dan sungai di sekitar tempat tinggal. Penggunaan *eco enzyme* bisa menghemat pengeluaran untuk membeli cairan pembersih yang berbeda-beda peruntukannya (Supriyani, 2020). Selain itu, dijelaskan juga bahwa *eco enzyme* yang dibuat dari bahan alami dan organik, dapat mengurangi penggunaan bahan kimia sehingga cocok untuk kulit yang rentan alergi jika kontak dengan bahan kimia.

Fungsi *eco enzyme* menurut Dinpertenpangan (2021) antara lain sebagai berikut.

- a. *Eco enzyme* sebagai desinfektan mampu membunuh bakteri dan jamur, sehingga dapat digunakan sebagai pengganti pembersih dan pestisida berbahan kimia. Produk *eco enzyme* sebagai pembersih yang serbaguna. Selain penyegar ruangan, digunakan untuk mencuci piring, membersihkan lantai, membersihkan kaca, mencuci pakaian, pupuk kompos, hingga menjadi cairan pengusir hama (Eviati dan Sulaiman, 2019)
- b. *Eco enzyme* digunakan sebagai cairan pembersih ramah lingkungan. *Eco enzyme* dapat dipakai untuk dalam membersihkan seluruh ruangan di rumah, mencuci baju, sayur, dan buah-buahan segar. Cairan *eco enzyme* tidak boleh disimpan lebih dari 7 hari setelah digunakan, karena akan menimbulkan bakteri yang merugikan.
- c. *Eco enzyme* dimanfaatkan sebagai pupuk organik untuk tanaman dan halaman rumah. *Eco enzyme* dicampur air secukupnya sebelum dijadikan pupuk organik pada tanaman. Cairan *Eco enzyme* dapat meningkatkan kualitas rasa dari buah/sayuran yang ditanam, membuat tanah dan tanaman menjadi subur, hingga menghilangkan hama pengganggu.
- d. Cairan *Eco enzyme* digunakan sebagai pengusir hama serangga seperti kecoa, semut, lalat dan nyamuk. Cairan 15 ml *eco enzyme* yang dicampur

500 ml air disemprotkan ke tempat-tempat yang ditargetkan untuk bebas hama. *Eco enzyme* yang disemprotkan ke udara dapat memurnikan udara, menyuburkan tanaman, dan mengusir hama. Pembuatan *eco enzyme* ini juga memberikan dampak yang luas bagi lingkungan secara global maupun ditinjau dari segi ekonomi.

- e. Cairan *eco enzyme* dapat melestarikan lingkungan sekitar. Pada proses fermentasi, karbondioksian (CO_2) akan diubah menjadi karbonat (CO_3), senyawa ini bermanfaat untuk menjaga tanaman laut dan kehidupan biota laut ketika kita mencuci dengan menggunakan *eco enzyme*, secara tidak langsung sudah berkontribusi untuk memperbaiki lingkungan yang tercemar karena *eco enzyme* mampu menetralkan pestisida, herbisida, logam berat, lilin dan sel parasit.
- f. Bahan untuk mengelola limbah produk susu. Penelitian yang dilakukan oleh Rochyani (2020) menegaskan bahwa *eco enzyme* mengandung aktivitas *amilase*, *protease* dan *lipase*, yang dapat dimanfaatkan untuk mengolah limbah produk susu yang mengandung karbohidrat, protein dan lemak.

Indikator *eco enzyme* bereaksi dengan baik selama fermentasi yaitu menghasilkan cairan berwarna cerah sesuai dengan bahan yang digunakan. Namun warna ini akan sangat berbeda antara satu dengan yang lainnya. Bahan yang digunakan bisa saja sama namun keberadaan mikro organisme yang berbeda akan menyebabkan warna yang berbeda. Aroma *eco enzyme* sesuai dengan bahan yang digunakan dan tidak berbau busuk. Pada permukaan cairan *eco enzyme* terbentuk jamur putih, bila jamur yang terbentuk berwarna hitam berarti pembuatan *eco enzyme* gagal dan harus segera dipulihkan dengan menambahkan gula ke dalam wadah sesuai takaran semula (Maharani, 2020).

Eco enzyme yang dihasilkan dari proses fermentasi kemudian diaplikasikan pada buah dan sayuran sebagai bahan pengawet. Metode untuk aplikasi *coating* atau cara pemberian bahan pengawet pada buah dan sayuran ini,

antara lain metode pencelupan (*dipping*), pembusaan (*foaming*), penyemprotan (*spraying*), penuangan (*casting*) dan aplikasi penetesan terkontrol (Miskiyah, 2011). Untuk mempermudah dalam pelapisan tomat buah dengan *eco enzyme* yang berbentuk cairan, penggunaan aplikasi coating berupa penyemprotan (*spraying*) dengan konsentrasi *eco enzyme*. Produk dari *eco enzyme* ditunjukkan pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Produk *Eco enzyme* (Dokumentasi Pribadi, 2022)

2.3. Tanaman Tomat

Tanaman tomat termasuk tanaman semusim, berbentuk perdu dengan tinggi tanaman sekitar kurang lebih 2 meter. Tanaman tomat memiliki sistem perakaran tunggang yang tumbuh menembus tanah. Warna akar putih keputihan. Batang tanaman tomat cukup kuat, berwarna hijau dan berbentuk persegi empat sampai bulat. Batang tanaman tomat ditumbuhi rambut halus khususnya pada batang yang masih muda dan berwarna hijau (Simpson, 2010). Bunga tanaman tomat berwarna kuning dengan bentuk putik dan benang sari yang berbeda dan tersusun sebanyak 5-10 ruang namun, banyaknya tersebut tergantung dari varietasnya. Benang sari bergabung membentuk kerucut yang sama-sama membentuk antera (Hasan dan

Atmowidi, 2017). Kuntum bunga terdiri dari 5 helai daun dan 5 mahkota. Buah tanaman tomat termasuk buah buni dengan daging yang beragam bentuk dan ukuran.

Mutu buah tomat meliputi bagian luar yang berpengaruh terhadap kesegaran buah misalnya warna, bentuk, keragaman, dan kekerasan.

Tanaman Tomat (*Licopersicon esculentum* Mill.) mempunyai sinonim (*Solanum esculentum* Mill.) merupakan tanaman buah-buahan yang termasuk dalam familia *Solanaceae* yang terdiri dari 220 spesies. Buah tomat kaya akan vitamin A, vitamin B, dan vitamin C. Dilihat dari kandungan vitamin yang terkandung di dalamnya, maka dapat diambil suatu gambaran bahwa tanaman tomat mempunyai kegunaan yang banyak. Selain itu tanaman ini mudah ditanam serta pemeliharaannya sederhana juga harganya mudah dijangkau masyarakat (Istifadah dan Hakim, 2017).

Tomat mengandung vitamin dan mineral yang cukup lengkap berfungsi untuk memelihara kesehatan gusi dan gigi vitamin A bermanfaat untuk kesehatan organ penglihatan, sistem kekebalan tubuh, pertumbuhan dan reproduksi. Seperti halnya komoditi sayuran lainnya, buah tomat akan mengalami kerusakan setelah lepas panen. Kerusakan ini terutama disebabkan kelainan fisiologis, kerusakan mekanis, serta gangguan hama dan penyakit. Potensi kehilangan mutu sayuran termasuk buah tomat selama penanganan pascapanen berkisar 30-50% (FAO, 2013). Buah tomat merupakan komoditi yang mudah mengalami kerusakan setelah panen (*perishable*) dan tidak tahan lama untuk disimpan. Setelah dipanen buah tomat terus mengalami perubahan-perubahan akibat berlangsungnya proses fisiologis, mekanis, enzimatik dan mikrobiologis. Seperti sayuran lainnya, komponen tertinggi buah tomat adalah air yaitu sekitar 93-95% (Hatmi *et al.*, 2014).

Pola klimaterik pada buah tomat berlangsung apabila petani memanen tomat setelah matang sempurna (berwarna merah 90-100%) sehingga dapat

dipastikan masa segar buah tomat sangat singkat, rentan terhadap kerusakan fisiologis setelah panen, dan kerusakan mekanik selama masa transportasi dari petani menuju pasar. Selama ini penyimpanan sayuran dan buah-buahan dilakukan dengan cara teknik pendinginan sebelum produk didistribusikan. Dengan adanya *eco enzyme* menjadi alternatif baru untuk menjaga masa simpan produk hasil panen buah dan sayuran bagi petani.

2.4. Klasifikasi Tanaman Tomat

Klasifikasi tomat (*Solanum lycopersicum*) menurut Simpson (2010) sebagai berikut :

Kingdom : Plantae

Divisio : Magnoliophyta

Class : Magnoliopsida

Ordo : Solanes

Family : Solanaceae

Genus : *Solanum*

Species : *Solanum esculentum* Mill

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2022 hingga Agustus 2022 di laboratorium mikrobiologi FMIPA Unila dan laboratorium kimia SMK SMTI Bandar Lampung

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian yaitu toples plastik volume 600 ml, selang kecil 5 m, pisau, gunting, talenan, timbangan kue, neraca analitik, sendok, botol plastik ukuran 300 ml, botol plastik ukuran 500 ml, saringan teh besar, tabung reaksi, rak tabung, mikro pipet, bunsen, tabung reaksi, cawan petri, pH meter, inkubator, laminar *air flow*, *autoclave*, kulkas, labu ukur 100 ml, erlemeyer 250 ml, statif, *buret scelbach*, gelas ukur 100 ml, gelas beker 500 ml, gelas beker 1000 ml, *stirer*, dan *hotplate*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah kulit buah dan sisa sayuran sebagai berikut: kulit nanas, kulit jeruk lemon, kulit pisang, potongan bayam, daun singkong, buah tomat, air kran, gula aren, media biakan *Yeast-Glucose-Pepton* (YGP) padat, media PDA, *antibiotic chloramphenicol*, *aquades*, NaCl, NaOH 0,1 N, indikator *fenophtalen*, larutan *buffer* pH 4 dan pH 9, kapas, aluminium foil, kain kasa, plastik wrap, kertas label, plastik, karet, isolasi bening besar, lem stik dan kertas buram.

3.3. Rancangan Penelitian

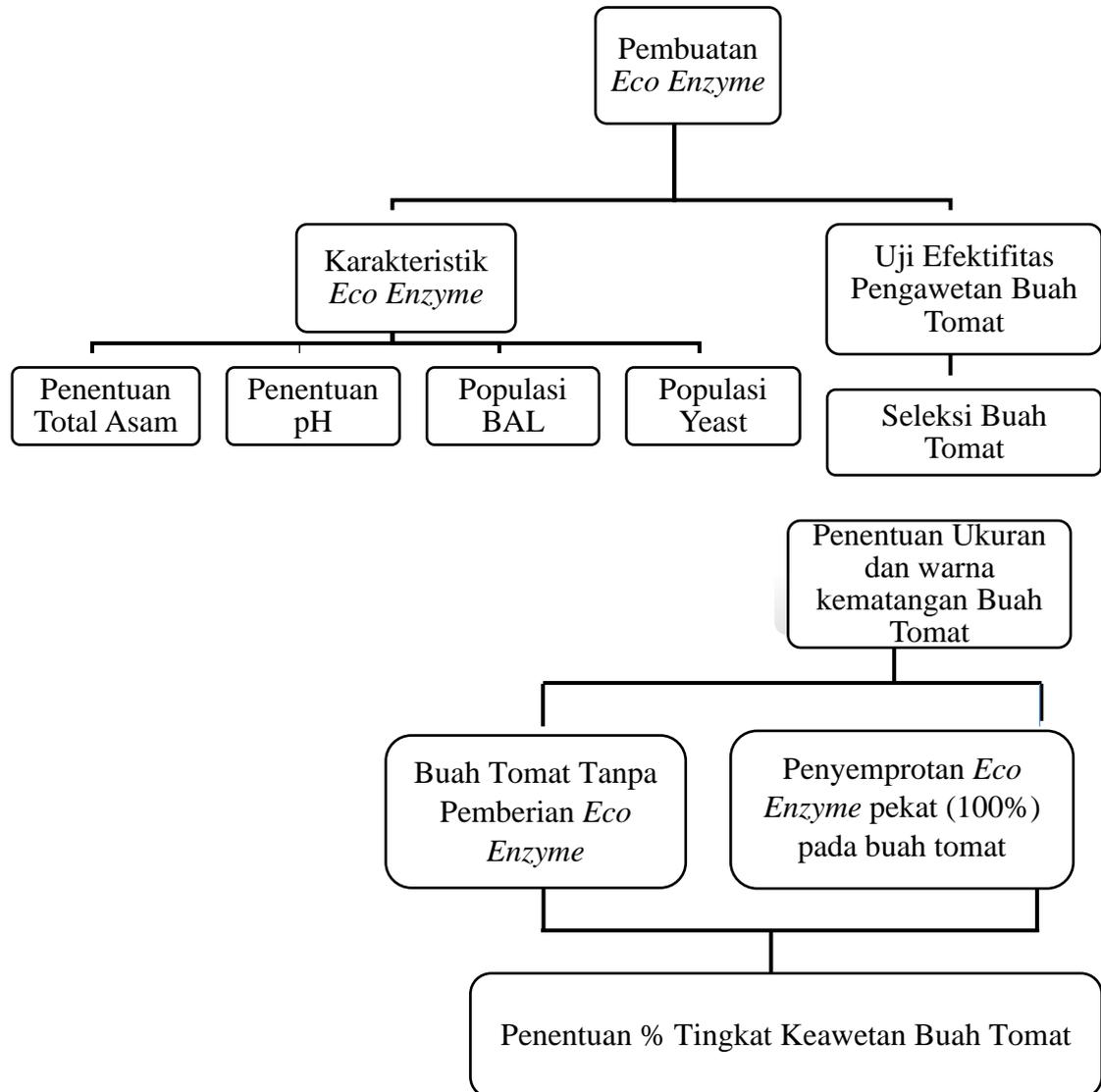
Penelitian terdiri dari 2 tahap penelitian. Tahap pertama, penentuan karakteristik *eco enzyme* yang berbasis lima bahan organik yang berbeda secara kuantitatif dan tahap kedua, penentuan efektifitas *eco enzyme* terhadap proses pengawetan buah tomat.

Pengujian kuantitatif untuk menguji efektifitas *eco enzyme* dalam proses pengawetan buah tomat dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) terdiri dari 6 perlakuan. Masing-masing perlakuan diulang 4 kali.

Karakteristik *eco enzyme* yang diteliti adalah keasaman (pH), total asam, populasi bakteri asam laktat dan populasi *yeast*.

Metode pengawetan yang digunakan adalah metode penyemprotan (Miskiyah, 2011), untuk mempermudah dalam pelapisan buah tomat dengan *eco enzyme* yang berbentuk cairan dengan konsentrasi *eco enzyme* 100% (pekat) untuk semua variabel (Maula, 2020).

3.4. Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.5. Pelaksanaan Penelitian

3.5.1. Pembuatan *eco enzyme*

Pembuatan *eco enzyme* dilakukan mengikuti metode yang digunakan oleh Rizky (2020), dengan langkah-langkah sebagai berikut. Bahan-bahan organik yang digunakan yaitu kulit buah dan sayuran disortir, dicuci dan dipotong, kemudian bahan dicampurkan dengan air dan gula merah dengan perbandingan air : bahan organik : gula aren adalah 10:3:1 dalam wadah plastik. Air yang digunakan adalah air keran. Gula merah aren diperoleh dari pasar tradisional.

Eco enzyme dibuat dengan mencampur air keran 500 ml, 150 gram kulit buah, dan 50 gram gula. Dalam wadah yang volumenya cukup untuk menampung gas dan penambahan volume cairan yang dihasilkan dari proses fermentasi. Campuran untuk membuat *eco enzyme* diaduk rata, sebelum wadah ditutup rapat. Campuran difermentasi selama 3 bulan. Gas yang dihasilkan selama proses fermentasi akan menumpuk dalam wadah harus dibuang, untuk itu dibuat saluran gas dari wadah yang dialirkan ke wadah lain yang berisi air. Selama proses fermentasi, wadah tempat fermentasi diamati untuk mengetahui apakah terdapat serangga atau ulat yang muncul pada wadah fermentasi dan perlu dikeluarkan.

Eco enzyme yang telah siap panen ditandai dengan cairan yang berwarna coklat dengan aroma asam segar dan menyengat, terdapat jamur putih pada permukaan cairan *eco enzyme*. *Eco enzyme* disaring untuk memisahkan *filtrate* dari ampasnya cairan *eco enzyme* ditampung dalam botol ampas hasil saringan dipisahkan (Rizky, 2020).

Pemilihan bahan organik untuk *eco enzyme* berupa kulit nanas mengacu pada penelitian Vama dan Cherekar (2020), kulit jeruk lemon dan kulit pisang

mengacu pada penelitian Nita (2020), dan potongan sayuran bayam dan daun singkong merupakan modifikasi penelitian Utami (2020), seperti dapat dilihat pada table 1 berikut:

Tabel 1. Komposisi Bahan *Eco Enzyme*

Kode	Nama Limbah	Volume Air Keran (ml)	Berat Limbah (g)	Berat Gula (g)
P1	Kulit Nanas	500	150	50
P2	Kulit Jeruk Lemon	500	150	50
P3	Kulit Pisang	500	150	50
P4	Potongan Bayam	500	150	50
P5	Daun Singkong	500	150	50

3.5.2. Penentuan pH

Pengujian pH larutan dilakukan mengikuti metode Azizah (2012), yaitu dengan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi dengan larutan *buffer* pH 4 dan 9. Suhu sampel diukur dengan mengatur suhu pH meter. pH meter dinyalakan dan dibiarkan agar stabil selama 15-30 menit. Elektroda dibilas dengan aquades dan dikeringkan dengan tisu. Kemudian elektroda dicelupkan pada sampel hingga diperoleh pembacaan skala pH yang stabil.

3.5.3. Penentuan Total Asam

Pengukuran total asam *eco enzyme* dengan cara titrasi metode Aristya *et al*, (2013). Sampel *eco enzyme* sebanyak 10 ml dititrasi dengan NaOH 0,1 N dan ditetesi indikator *fenophtalen* hingga berwarna *pink* (Vama dan Cherekar, 2020). Pengujian total asam dilakukan dengan cara memasukkan 10 ml *eco enzyme* ke dalam labu ukur 100 ml, kemudian ditambahkan aquades sampai tanda batas lalu dihomogenkan dan disaring. Filtrat diambil 25 ml dan dimasukkan ke dalam erlen meyer dan ditambahkan indikator PP 2-3 tetes.

Sampel dalam erlen meyer dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N sampai terbentuk warna merah muda. Pembacaan skala pada saat warna merah muda terbentuk pertama kali dan bertahan sampai beberapa saat.

Kadar total asam diperoleh dengan rumus perhitungan sebagai berikut :

$$Total\ Asam\ (\%) = \frac{Volume\ NaOH \times N\ NaOH \times 100/25 \times 90}{Volume\ Sampel\ 10\ ml \times 1000} \times 100\%$$

Keterangan :

Vol NaOH	=	Vol. NaOH hasil titrasi
N NaOH	=	Normalitas NaOH setelah distandarisasi
BE	=	Berat ekivalen asam sitrat 90
100/25	=	25 ml sampel dalam 100 ml labu takar (pengenceran)
Vol sampel	=	10 ml sampel yang dititrasi

3.5.4. Penentuan Total Bakteri Asam Laktat (BAL)

Penentuan total bakteri asam laktat mengacu pada metode Fardiaz (1993), yaitu metode *Total Plate Count* (TPC). Bakteri dibiakkan pada media GYP padat yang mengandung; glukosa 5 g, yeast 5 g, pepton 2,5 g, NaCl 25 g, CaCO₃ 5 g, agar *bacteria* 5g. Aquades 500 ml dalam gelas *backer* kemudian dididihkan menggunakan *hot plate* dan diaduk menggunakan *stirrer*. Media kemudian disterilkan pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm dalam *autoclave*. Sampel *eco enzyme* diencerkan hingga lima kali pengenceran. Sebanyak 1 ml sampel *eco enzyme* hasil pengenceran dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml NaCl steril (10⁻¹) dihomogenkan. Kemudian 1 ml dari tabung 10⁻¹ dipipet dan dimasukkan ke dalam tabung 10⁻² lalu dihomogenkan. Pengenceran seperti langkah-langkah diatas dilakukan hingga diperoleh sampel dengan pengenceran 10⁻⁸. Sampel *eco enzyme* pada 3 pengenceran terakhir dimasukkan ke dalam *petridish* sebanyak 1 ml kemudian dituang media YGP (*pour plate*). Setelah dihomogenkan dan dibekukan kemudian diinkubasi selama 48 jam. Pengamatan jumlah koloni dicatat dan dikonversi dengan cara perhitungan bakteri mengikuti metode

Total Plate Count (TPC) dan perhitungan dengan cara *Standar Plate Count* (SPC). Koloni yang dihitung antara 30 – 300 koloni bakteri.

Jumlah total bakteri (CFU/ml) = jumlah koloni/ml x faktor pengenceran

3.5.5. Penentuan Total Yeast

Pengujian total *yeast* dilakukan mengikuti metode yang digunakan Fardiaz (1993). Media GYP dicampurkan ke dalam aquades kemudian dididihkan menggunakan *stirrer/ hot plate* dan disterilkan dalam *autoclave* pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm. Media yang sudah steril diberi antibiotik khloramfenikol. Sampel *eco enzyme* diencerkan hingga lima kali pengenceran. Sebanyak 1 ml sampel yang sudah diencerkan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml NaCL steril (10^{-1}) lalu dihomogenkan. Sebanyak 1 ml sampel dari tabung pengenceran 10^{-1} diambil dan dipipet ke dalam tabung pengenceran 10^{-2} lalu dihomogenkan. Pengenceran sampel dilakukan sampai diperoleh pengenceran 10^{-8} . Sampel *eco enzyme* dari 3 pengenceran terakhir dimasukkan ke dalam petridish sebanyak 1 ml kemudian dituang media PDA (*pour plate*), lalu homogenkan, dibekukan, dan diinkubasi selama 48 jam. Pengamatan jumlah koloni dicatat dan dikonversi dengan perhitungan bakteri sesuai metode *Total Plate Count* (TPC) dan perhitungan dengan cara *Standar Plate Count* (SPC). Koloni yang dihitung antara 30 – 300 koloni bakteri.

Jumlah total bakteri (CFU/ml) = jumlah koloni/ml x faktor pengenceran

3.5.6. Aplikasi *Eco Enzyme* Dalam Pengawetan Tomat Buah

Cara aplikasi pengawetan tomat buah dengan *eco enzyme* ini merupakan modifikasi dari metode yang dilakukan oleh Milenia (2020). Bahan dalam penelitian pengawetan tomat buah adalah 24 buah tomat, (6 perlakuan dengan 4 ulangan). Tomat buah yang digunakan pada penelitian ini berukuran hampir sama, memiliki warna yang sama, tingkat kematangan yang sama dan didapatkan dari pedagang harian di pasar.

Tabel 2. Perlakuan Uji Efektivitas *Eco Enzyme* dengan Bahan Organik yang Berbeda Sebagai Pengawet Buah Tomat (*Solanum Esculentum* Mill.)

Perlakuan	Keterangan
T0	Buah tomat tanpa pemberian <i>eco enzyme</i> (kontrol)
T1	Buah tomat yang disemprot <i>eco enzyme</i> berbahan kulit nanas
T2	Buah tomat yang disemprot <i>eco enzyme</i> berbahan kulit jeruk lemon
T3	Buah tomat yang disemprot <i>eco enzyme</i> berbahan kulit pisang
T4	Buah tomat yang disemprot <i>eco enzyme</i> berbahan potongan bayam
T5	Buah tomat yang disemprot <i>eco enzyme</i> berbahan potongan daun singkong

Efektifitas *eco enzyme* sebagai pengawet diukur dengan cara menguji larutan *eco enzyme* pada tomat buah. Pengawetan dilakukan 7 hari setelah perlakuan dengan melihat tingkat kerusakan dan keawetan buah tomat dibandingkan dengan buah tomat yang tidak disemprot dengan *eco enzyme*.

Pengawetan buah tomat dilakukan dengan cara menyemprotkan 10 ml *eco enzyme* untuk setiap satu buah tomat menggunakan botol *spray*. Tomat yang telah disemprot ditaruh pada wadah cawan dan diletakkan di tempat yang terbuka, tidak lembab dan tidak panas. Suhu penyimpanan dikontrol menggunakan termometer. Tomat diamati setiap hari selama satu minggu, dan perubahan-perubahan yang terjadi dicatat. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *eco enzyme* terhadap skala mutu pengawetan tomat buah selama 7

hari dilakukan dengan menganalisis skala mutu pengawetan buah tomat terdiri dari 5 skala sebagai berikut :

Tabel 3. Skala Mutu Berdasarkan Standarisasi Milenia (2020)

Skala	Gejala pada Buah Tomat
1.	Busuk
2.	Kulit sangat layu, tekstur sangat empuk dan berair
3.	Kulit sedikit layu, tekstur empuk
4.	Kulit segar, tekstur empuk
5.	Kulit segar, tekstur keras

Analisis pengaruh *eco enzyme* dari bahan kulit buah dan sisa sayuran terhadap laju persentase pembusukan buah tomat (Milenia, 2020) modifikasi dengan perhitungan:

$$\% \text{ Tingkat keawetan} = \frac{\text{Jumlah bagian yang awet}}{\text{Jumlah bagian keseluruhan}} \times 100\%$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dalam penelitian ini antara lain :

1. Karakteristik *eco enzyme* berbasis lima limbah organik dengan pH tertinggi terdapat pada perlakuan P2 (*eco enzyme* berbahan dasar kulit jeruk lemon) sebesar 3,42. Total asam tertinggi terdapat pada perlakuan P5 (*eco enzyme* berbahan dasar daun singkong) sebesar 5,25%, populasi BAL dan populasi yeast tertinggi terdapat pada perlakuan P4 (*eco enzyme* berbahan dasar bayam) yaitu 2,34 Log CFU/ml dan 2,02 Log CFU/ml.
2. Efektifitas dari lima produk *eco enzyme* terhadap proses pengawetan buah tomat terbaik terdapat pada perlakuan P4 yaitu 70%.
3. *Eco enzyme* terbaik sebagai pengawet buah tomat pada penelitian ini adalah *eco enzyme* yang berbahan dasar limbah organik bayam.

5.2 Saran

Berikut adalah saran yang dapat diberikan dari penelitian yang telah dilakukan oleh penulis. Saran untuk penelitian selanjutnya setelah melakukan riset ini.

1. Penelitian ini masih terdapat kekurangan karena tidak bisa mengukur kadar alkohol yang terkandung di dalam setiap produk *eco enzyme* karena pembuatannya yang terlalu sedikit.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjut untuk uji asam-asam organik spesifik, seperti kadar asam sitrat, asam asetat, dan asam laktat yang terkandung di dalam cairan *eco enzyme*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, N., Nurwantoro, dan Susanti, S. 2021. Pengaruh Periode Fermentasi Terhadap Karakteristik Fisik, Kimia Dan Hedonik Nata Sari Jambu Biji Merah. *Jurnal Teknologi Pangan*. 4(1): 36–41.
- Aristya, A.L., Legowo, A. M., dan Al-Baarri. 2013. Total asam, total yeast, dan profil protein kefir susu kambing dengan penambahan jenis dan konsentrasi gula yang berbeda. *Jurnal Pangan dan Gizi*. 4(7): 39-48.
- Aruna, C., & P, S. 2015. Solubilisation of Waste Activated Sludge Using Garbage 3 Enzyme Produced from Different Pre-Consumer Organic Waste. *RSC Advances*. 5: 51421–51427.
- Atmanegara, A. J., Sutrisno, E. T., dan Taufik, Y. 2015. Pengaruh Konsentrasi Inokulum Acetobacter aceti dan Lama Fermentasi Terhadap karakteristik Vinegar Murbei (*Morus alba*). *Jurnal. Program Studi Teknologi Pangan*. Universitas Pasundan. Bandung.
- Azizah, N., Al-Baarri dan Mulyani, S. 2012. Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol, pH, dan produksi gas pada proses fermentasi bioetanol dari whey dengan substitusi kulit nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 1(2): 72-77.
- Blitz, L. 2017. *Tegnologi Fermentasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Chaplin, M. F. and Bucke. 1990. *Enzyme Technology*. Cambridge University Press. Cambridge, Great Britain.
- Desniar *et al.* 2020. Organic Acid Produced by Lactic Acid Bacteria From Bekasam as Food Biopreservatives. *Article. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 414 012003
- Dinpertanpangan. 2021. Dahsyatnya Manfaat *Eco Enzyme* Untuk Pertanian. <https://dinpertanpangan.demakkab.go.id/?p=3325>, diakses pada tanggal 20 Desember 2022 pkl 16:00 WIB.
- Eviati dan Sulaeman. 2019. *Analisa Kimia Tanah, Tanaman, Air Dan Pupuk*. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian. Bogor.

- Eveline, Siregar, T. M., dan Sanny. 2014. Studi aktivitas antioksidan pada tomat (*Lycopersicon esculentum*) konvensional dan organik selama penyimpanan. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*. 1(1):8–22.
- Fang L., Wang W., Dou Z., Chen J., Meng Y, and Cai L., 2022. Effects of mixed fermentation of different lactic acid bacteria and yeast on phytic acid degradation and flavor compounds in sourdough. *Journal Elsevier*.
- FAO. 2013. *Fao Statistical Yearbook 2013*. In Crop Production Statistics. Food And Agriculture Organization. Rome.
- Fardiaz, S. 1993. *Analisis Mikrobiologi Pangan*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Fitriani, E. 2003. *Aktivitas Enzim Karboksimetil Selulase Bacillus pumilus Galur 55 pada Berbagai Suhu Inkubasi*. Kimia FMIPA IPB. Bogor.
- Febriansah, R., Indriyani, L., dan Muthi, K. D. P. 2016. Tomat (*Solanum lycopersicum L.*) sebagai Agen Kemopreventif Potensial. Fakultas Farmasi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Hames, B., and Hooper, N. 2000. *BioChemistry : The Instant Notes*. Spinger-Verlag. Hongkong.
- Hasan, P. A., dan Atmowidi, T. 2017. Hubungan Jenis Serangga Penyerbuk Dengan Morfologitomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) Dan Sawi (*Bassica juncea* Linn.). *Saintific Articles*. 3(1)
- Hatmi, R. U. N., Cahyaningrum, N., dan Siswanto. 2014. Pemanfaatan Hasil Pekarangan Dalam Mendukung Pertanian Organik. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Organik*.
- Hemalatha, M., and Visantini, P. 2020. Potential use of eco-enzyme for the treatment of metal-based effluent. IOP Conf. Series: *Materials Science and Engineering*. 716: 1-6
- Ide, P. 2008. *Health Secret of Kefir, Menguak Keajaiban Susu Asam untuk Penyembuhan Berbagai Penyakit*. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Ismail, Y., Astuti, M. P., dan Hakiki, R. 2022. The Eco Enzyme Application on Industrial Waste Activated Sludge Degradation. 5(2): 115-133.
- Istifadah, N., dan Hakim, N. 2017. Kemampuan Kompos dan Kompos Plus untuk Meningkatkan Ketahanan Tanaman Tomat terhadap Penyakit Bercak Coklat (*Alternaria solani* Sor.). *Jurnal Agrikultura*. 28(3).
- Julaeha, L., Nurhayati, dan Mahmudatussa'adah. 2016. Penerapan Pengetahuan Bahan Tambahan Pangan pada Pemilihan Makanan Jajanan Mahasiswa

Pendidikan Tata Boga UPI. *Jurnal Media Pendidikan, Gizi, dan Kuliner*. 5(1): 17-25.

- Lancetti, R., Sciarini, L., Perez, GT, dan Salvucci, E. 2021. Technological Performance and Slection of Lactic Acid Bacterial Isolated From Argentinian Grains As Atarters For Wheat Sourdoygh. *Current Microbiology*.78(1): 225-264.
- Lestari, M., Bakri, U., dan Hasin, A. 2018. Identifikasi Formalin pada Buah *Import* (Apel) Yang Diperjualbelikan Di Kota Makassar. *Jurnal Media Laboran*. 8(2): 7-12.
- Maula, R. N., Astuti, A. P., dan Maharani, E. T. W. 2020. Analisis Efektifitas Penggunaan *Eco-enzyme* pada Pengawetan Buah Stroberi dan Tomat dengan Perbandingan Konsentrasi. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*. 6(1):1-3.
- Maharani, R. N. M., Astuti, A. P., dan Wahyuni, T. E. 2020. Analisis Efektifitas Penggunaan *Eco-enzyme* pada Pengawetan Buah Stroberi dan Tomat dengan Perbandingan Konsentrasi. *Prosiding Seminar Edusainstech*. 978-602-4.
- Martoharsono, S. 2006. *Biokimia I*. UGM Press. Yogyakarta.
- Mu'nisa, A. 2012. Analisis Kadar Likopen Dan Uji Aktivitas Antioksidan Pada Tomat Asal Sulawesi Selatan. *Journal Bionature*.13(1):6–62.
- Murray, R.K., Granner, D.K., Mayes, P.A., and Rodwell, V.W. 2003. *Harper's Illustrated BioChemistry*. Ed ke-26. San Fransisco: McGraw-Hill.
- McMurry, J., and Mary, E. C. 1994. *Fundamental of organic and biological Chemistry*, Prentice Hall. New Jersey.
- Millenia, M. I., Andari, P. A., dan Endang, T. W. 2020. Manfaat Ekoenzim Dari Limbah Organik Rumah Tangga Sebagai Pengawet Buah Tomat Cherry. *Seminar Nasional Edusainstek*. FMIPA UNIMUS 2020. ISBN :978-602-5614-35-4.
- Miskiyah, W. D. 2011. Aplikasi Edible Coating Berbasis Sagu dengan Penambahan Vitamin C pada Paprika: Prefensi Konsumen dan Mutu Mikrobiologi. *Jurnal Hortikultura*. 21(1): 68-76.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor : 1168/Menkes/Per/X/1999 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 722/Menkes/per/IX/1988 Tentang Bahan Tambahan Makanan
- Peraturan Pemerintah No. 81. Tahun 2012. Tentang Pengelolaan Sampah Rumah Tangga dan sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.

- Ramesh, C., dan Ray, D. M. 2015. *Food Biology Series*. 108–109. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Rasit, N. Mohammad, F. S. 2018. Produksi dan Karakterisasi Enzim Biokatalitik yang Dihasilkan dari Fermentasi Limbah Buah dan Sayuran Serta Pengaruhnya terhadap Lumpur Budidaya. *Int.Sc.teknologi*. 887-892.
- Rochyani, N., Utpalasari, R. L. dan Dahliana, I. 2020. Analysis of Eco-Enzyme conversion result using pineapple (*Ananas comosus*) and Papaya (*Carica papaya* L.). *Journal Fisheries science faculty of fisheries PGI Palembang*. 5(2).
- Ruben, R. C., Roy, P. C., Sarkar, S. L., Alam, A. R. U., and Jahid, I. K. 2020. Characterization and Evaluation of Lactic Acid Bacteria from Indigenous Raw Milk for Potential Probiotic Properties. *Departement OF Science Laboratory Tecnology, Nasarawa State Polytechnic, PMB 109 Lafia Nigeria*.
- Satife, D. O., Rahmawati, A. and Yazid, M. 2012. Potensi Yeast pada Pengurangan Konsentrasi Uranium dalam Limbah Organik TBP-Kerosin yang Mengandung Uranium. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah IX*. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. ISSN 1410-6086.
- Sari, R.P., Astuti, A.P. dan Maharani, E.T.W. 2020. Pengaruh *Eco enzim* Terhadap Tingkat Keawetan Buah Anggur Merah dan Anggur Hitam. 6(2): 2541-5301.
- Supriyani, dkk. 2020. Pengaruh Variasi Gula Terhadap Produksi *Eco enzyme* Menggunakan Limbah Buah Dan Sayur. *Seminar Nasional Edusainstek*. 470–479.
- Suryani, Muninggar, V., Astuti, Andari, P., Maharani, dan Wahyuni, E. T. 2020. Perbandingan Uji Organoleptik Pada Delapan Variabel Produk Ekoenzim. FMIPA UNIMUS.
- Simpson, M. G. 2010. *Plant Systematics*. Edisi 2. Penerbit USA: Elsevier. ISBN: 978-0-12-374380-0
- Singh, F.V. 2018. Pendekatan Terbaru Dalam Bio-Pelestarian Makanan – Ulasan. *Jurnal Kedokteran Hewan*. 8(1) 104-111.
- Supriyani, Astuti, A. P., dan Wahyuni, E. T. 2020. Pengaruh Variasi Gula Terhadap Produksi *Eco Enzym* Menggunakan Limbah Buah Dan Sayur. Pendidikan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Muhammadiyah Semarang. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 13(2): 78-87.

- Suriasih, K., Aryanta, W. R., Mahardika, G. and Astawa, N. M. 2012. Microbiological and Chemical Properties of Kefir Made in BalibCattle Milk. *J. Food Sci and Quality Management*. 6: 12-22.
- Solikha, D. F dan Abir, F. F. 2020. Banyak *Yeast* Yang Terkandung Pada Proses Fermentasi Molasses: Dampaknya Terhadap Kuantitas Ethanol Yang Dihasilkan di PT. Indo Acidtama Karanganyar. *Gema Wiralodra*. 11.
- Stryer, Lubert, Berg, Jeremy, M., Tyomoczko, and John, L. 2002. *Biochemistry, Fifth edition*. W.H. Freeman and Company, New York.
- Utami, M. I. P., Astuti, A. P., dan Maharani, E. T. W. 2020. Manfaat *Eco Enzym* Dari Limbah Organik Rumah Tangga Sebagai Pengawet Buah Tomat Cherry. *Seminar Nasional Edusainstek* ISBN :978-602-5614-35-4, FMIPA UNIMUS.
- Vama, L. And Cherekar, M. N. 2020. Production, Extraction And Uses Of Eco-Enzyme Usingcitrus Fruit Waste: Wealth From Waste. Department of Biotechnology and Bioinformatics, Mahatma Gandhi Mission's, College of ComputerScience and IT. *IndiaAsian Jr. of Microbiol*. 22 (2): 346-351.
- WHO. 2007. Dr. Emilie van Devender. Acting Cootdinator. Radiation and Enviromental Health. *Enviromental Health Criteria Geneva*. 9(4): 21-27.
- Zazili, A., dan Hartono. 2016. Model Pemberdayaan Konsumen terhadap Ancaman Bahaya Produk Pangan Tercemar Bahan Berbahaya Beracun di Provinsi Lampung. *Jurnal Hukum IUS QUIA IUSTUM*. 23(3): 391 – 414.