

SKRIPSI

**IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK *ECO ENZYME* DARI
BAHAN ORGANIK KULIT BUAH DENGAN VARIASI GULA
AREN DAN MOLASES**

Disusun dan diajukan oleh:

**SUARNI
D131181013**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

SKRIPSI

**IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK *ECO ENZYME* DARI
BAHAN ORGANIK KULIT BUAH DENGAN VARIASI GULA
AREN DAN MOLASES**

Disusun dan diajukan oleh:

**SUARNI
D131181013**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK *ECO ENZYME* DARI
BAHAN ORGANIK KULIT BUAH DENGAN VARIASI GULA
AREN DAN MOLASES**

Disusun dan diajukan oleh

Suarni
D131181013

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 28 Februari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc.
NIP 19590116198021001

Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T.
NIP 197506232015042001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



Dr. Eng. Ir. Muralia Hustim, S.T., M.T.
NIP 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Suarni
NIM : D131181013
Program Studi : Teknik Lingkungan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

(Identifikasi Karakteristik *Eco Enzyme* dari Bahan Organik Kulit Buah dengan Variasi Gula Aren dan Molases)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggung jawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan oleh Penulis di masa depan harus mendapatkan persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 16 Januari 2023

Yang Menyatakan



SUARNI

ABSTRAK

SUARNI. *Identifikasi Karakteristik Eco Enzyme dari Bahan Organik Kulit Buah dengan Variasi Gula Aren dan Molases* (dibimbing oleh Achmad Zubair dan Roslinda Ibrahim).

Eco enzyme merupakan larutan kompleks yang dihasilkan dari fermentasi limbah dapur (kulit buah atau sayur), gula (gula merah, jiggery atau molases), dan air. larutan ini disebut sebagai cairan ajaib multifungsi yang memberikan segudang manfaat. Manfaat dipengaruhi oleh kandungan dari *eco enzyme*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik yang terkandung dalam *eco enzyme* sesuai dengan bahan bakunya serta membandingkan antara *eco enzyme* yang dibuat menggunakan gula aren dengan kulit buah dan molases dengan kulit buah, serta bagaimana kaitan parameter (klorida, fosfor, kalsium, asam asetat) dan 3 *enzyme* biokatalik (amilase, lipase dan protease) terhadap manfaat yang dihasilkan dari *eco enzyme*.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimental berupa riset perbandingan dan kualitatif berupa riset pengembangan teori. Variasi yang diteliti adalah jenis gula yang digunakan yaitu gula aren dan molases dengan perbandingan sama 1:3:10 yang difermentasi selama 3 bulan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *eco enzyme* yang dibuat dari jenis gula berbeda setelah fermentasi memiliki pH dibawah 4, aroma asam khas fermentasi, warna kecoklatan, kandungan senyawa fosfor yang lebih rendah dari senyawa kalsium dan klorin, serta kandungan asam asetat yang dipengaruhi oleh nilai pH dan aktivitas enzim biokatalik meningkat sesuai dengan peningkatan pH optimum pada *eco enzyme*. Kedua sampel telah sesuai dengan standar prasyarat untuk dijadikan sebagai desinfektan dan antiseptik.

Kata Kunci : *Eco enzyme*, Gula Aren, Molases, Kulit Buah

ABSTRACT

SUARNI. *Identify Eco Enzyme Characteristics of Fruit Peel Organic Matter with Palm Sugar Variations and Molasses* (supervised by Achmad Zubair and Roslinda Ibrahim).

Eco enzymes are complex solutions produced from the fermentation of kitchen waste (fruit or vegetable peels), sugars (brown sugar, jiggery or molasses), and water. This solution is referred to as a multifunctional magic liquid that provides a myriad of benefits. Benefits are influenced by the content of eco enzymes.

This study aims to determine the characteristics contained in eco enzymes according to their raw materials and compare eco enzymes made using palm sugar with fruit peels and molasses with fruit peels, as well as how the parameters (chloride, phosphorus, calcium, acetic acid) and 3 biocatalic enzymes (amylase, lipase and protease) are related to the benefits resulting from eco enzymes .

This research uses quantitative methods with an experimental approach in the form of comparative research and qualitative in the form of theoretical development research. The variation studied was the type of sugar used, namely palm sugar and molasses with the same ratio of 1: 3: 10 fermented for 3 months.

The results showed that eco enzymes made from different types of sugars after fermentation have a pH below 4, a typical fermented acid aroma, brownish color, lower phosphorus compound content of calcium and chlorine compounds, as well as acetic acid content influenced by pH values and biocatalytic enzyme activity increased in accordance with the increase in optimum pH in eco enzymes. Both samples are in accordance with prerequisite standards to be used as disinfectants and antiseptics.

Keywords: Eco enzyme, Palm Sugar, Molasses, Fruit Peel

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
KATA PENGANTAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Sampah Organik.....	8
2.1.1 Definisi Sampah Organik.....	8
2.1.2 Sumber Sampah Organik.....	8
2.1.3 Pemanfaatan Sampah Organik.....	8
2.2 <i>Eco Enzyme</i>	9
2.2.1 Sejarah <i>Eco Enzyme</i>	9
2.2.2 Bahan dan Alat Pembuatan <i>Eco Enzyme</i>	10
2.2.3 Cara Pembuatan <i>Eco Enzyme</i>	11
2.2.4 Manfaat <i>Eco Enzyme</i>	12
2.3 Fermentasi <i>Eco Enzyme</i>	14
2.4 Jenis Gula untuk Pembuatan <i>Eco Enzyme</i>	16
2.4.1 Gula Merah (non Tebu).....	16
2.4.2 Gula Merah Tebu (GMT).....	17
2.4.3 Molases.....	17

2.5 Bahan Organik Kulit Buah	18
2.5.1 Pisang (<i>Musa paradiaca</i> L.)	18
2.5.2 Pepaya (<i>Carica papaya</i> L.)	19
2.5.3 Semangka (<i>Citrullus lanatus</i>)	19
2.5.4 Nanas (<i>Ananas comosus</i>)	20
2.5.5 Apel (<i>Malus domestica</i>)	20
2.5.6 Jeruk (<i>Citrus sinensis</i>)	21
2.5.7 Mangga (<i>Mangifera indica</i>)	21
2.5.8 Buah Naga (<i>Hylocereus polyrhizus</i>)	22
2.6 Parameter Uji <i>Eco Enzyme</i>	22
2.6.1 <i>Potential Hydrogen</i> (pH)	22
2.6.2 Aroma/bau	23
2.6.3 Warna	24
2.6.4 Klorin	24
2.6.5 Fofor (P)	25
2.6.6 Kalsium (Ca)	26
2.6.7 Asam Asetat	27
2.6.8 Enzim Biokatalik	28
2.7 Jurnal Terkait Penelitian Terdahulu	30
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Rancangan Penelitian	34
3.1.1 Variabel bebas	34
3.1.2 Variabel terikat	35
3.3.3 Variabel kontrol	35
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	36
3.3 Alat dan Bahan	36
3.4 Populasi dan Sampel	37
3.5 Tahap Pelaksanaan Penelitian	37
3.5.1 Perencanaan Modifikasi Wadah	37
3.5.2 Persiapan Eksperimen	38
3.5.3 Persiapan Pembuatan <i>Eco Enzyme</i>	38
3.5.4 Pengujian Sampel <i>Eco Enzyme</i>	45

3.6 Teknik Pengumpulan Data	51
3.7 Teknik Analisis.....	51
3.8 Diagram Alir Penelitian.....	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Karakteristik <i>Eco Enzyme</i>	54
4.1.1 Analisis Karakteristik <i>Eco Enzyme</i> Gula Aren.....	55
4.1.2 Analisis Karakteristik <i>Eco Enzyme</i> Molases.....	69
4.2 Perbandingan Penggunaan Jenis Gula pada <i>Eco Enzyme</i>	84
4.2.1 Analisis Pengaruh Jenis Gula yang Berbeda Terhadap pH.....	84
4.2.2 Analisis Pengaruh Jenis Gula yang Berbeda Terhadap Volume dan Kadar Air.....	88
4.2.3 Analisis Pengaruh Jenis Gula yang Berbeda Terhadap Aroma dan Warna.....	91
4.2.4 Analisis Pengaruh Jenis Gula Berbeda Terhadap Kualitas Kimia <i>Eco Enzyme</i>	94
4.2.5 Analisis Pengaruh Jenis Gula Berbeda Terhadap Aktivitas Enzyme .	104
4.3 Analisis Manfaat <i>Eco Enzyme</i>	110
4.3.1 Manfaat untuk Pertanian	112
4.3.2 Manfaat untuk Kesehatan.....	114
4.3.3 Manfaat bagi Lingkungan	117
4.3.4 Manfaat <i>Eco Enzyme</i> sesuai Karakteristik yang Dihasilkan	118
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	120
5.1 Kesimpulan.....	120
5.2 Saran.....	120
DAFTAR PUSTAKA	122
LAMPIRAN.....	135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Pembuatan larutan <i>eco enzyme</i>	12
Gambar 2 Modifikasi wadah <i>eco enzyme</i>	38
Gambar 3 Alat untuk modifikasi.....	39
Gambar 4 Wadah fermentasi.....	40
Gambar 5 Diagram alir prosedur pembuatan <i>eco enzyme</i>	43
Gambar 6 Diagram alir penelitian.....	53
Gambar 7 Grafik perbandingan konsentrasi pH untuk variasi jenis gula	86
Gambar 8 Volume larutan <i>eco enzyme</i> untuk variasi jenis gula	89
Gambar 9 Persentase volume <i>eco enzyme</i> terhadap kadar air mula-mula	90
Gambar 10 Hasil pengujian kadar fosfor pada <i>eco enzyme</i> variasi jenis gula	94
Gambar 11 Hasil pengujian kadar klorin larutan <i>eco enzyme</i> untuk variasi jenis gula	97
Gambar 12 Hasil pengujian kadar kalsium larutan <i>eco enzyme</i> variasi jenis gula	99
Gambar 13 Hasil pengujian kadar asam asetat larutan <i>eco enzyme</i> variasi jenis gula.....	102
Gambar 14 Aktivitas lipase pada pH yang berbeda	104
Gambar 15 Aktivitas amilase pada pH yang berbeda	106
Gambar 16 Aktivitas enzim protease pada pH yang berbeda	108

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Studi terdahulu yang relevan dengan penelitian	30
Tabel 2 Matriks penelitian	35
Tabel 3 Formulasi pembuatan <i>eco enzyme</i>	44
Tabel 4 Metode pengujian sampel <i>eco enzyme</i>	45
Tabel 5 Hasil pengujian pekatan pH <i>eco enzyme</i> gula aren	55
Tabel 6 Hasil uji warna <i>eco enzyme</i> gula aren	57
Tabel 7 Hasil uji aroma <i>eco enzyme</i> gula aren.....	58
Tabel 8 Hasil pengujian klorin <i>eco enzyme</i> gula aren.....	59
Tabel 9 Hasil pengujian parameter fosfor <i>eco enzyme</i> gula aren.....	61
Tabel 10 Hasil pengujian parameter kalsium <i>eco enzyme</i> gula aren.....	62
Tabel 11 Hasil pengujian parameter asam asetat <i>eco enzyme</i> gula aren	64
Tabel 12 Hasil pengujian aktivitas enzim amilase gula aren	65
Tabel 13 Hasil pengujian aktivitas enzim lipase gula aren	67
Tabel 14 Hasil Pengujian aktivitas enzim protease gula aren.....	68
Tabel 15 Hasil pengujian pekatan parameter pH <i>eco enzyme</i> molases	70
Tabel 16 Hasil uji warna <i>eco enzyme</i> molases	72
Tabel 17 Hasil uji aroma <i>eco enzyme</i> molases.....	73
Tabel 18 Hasil pengujian klorin <i>eco enzyme</i> molases.....	74
Tabel 19 Hasil pengujian parameter fosfor <i>eco enzyme</i> molases.....	76
Tabel 20 Hasil pengujian parameter kalsium molases	77
Tabel 21 Hasil pengujian parameter asam asetat molases	78
Tabel 22 Hasil pengujian aktivitas enzim amilase molases	80
Tabel 23 Hasil pengujian aktivitas enzim lipase molases	81
Tabel 24 Hasil pengujian aktivitas enzim protease.....	83
Tabel 25 Hasil pengujian parameter pH untuk variasi jenis gula	85
Tabel 26 Pengamatan aroma <i>eco enzyme</i> untuk variasi jenis gula.....	92
Tabel 27 Pengamatan warna <i>eco enzyme</i> untuk variasi jenis gula.....	93
Tabel 28 Selisih perbandingan fosfor <i>eco enzyme</i> variasi jenis gula	95
Tabel 29 Selisih perbandingan kadar klorin <i>eco enzyme</i> variasi jenis gula	97
Tabel 30 Selisih perbandingan kadar kalsium <i>eco enzyme</i> variasi jenis gula	100
Tabel 31 Selisih perbandingan kadar asam asetat <i>eco enzyme</i> variasi jenis gula	103
Tabel 32 Rekapitulasi hasil analisis parameter uji	110

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
GAB	Gula Aren Buah
MB	Molases Buah
SNI	Standar Nasional Indonesia
pH	<i>Potential of Hydrogen</i>
P	Fosfor
Ca	Kalsium
Cl	Klorin
SIPSN	Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional
DepKes	Departemen Kesehatan
PerMenKes	Peraturan Menteri Kesehatan
TPA	Tempat Pemrosesan Akhir
PAM	Perusahaan Air Minum
DLH	Dinas Lingkungan Hidup
ATP	Adenosina Trifosfat
BPS	Badan Pusat Statistik
TDS	<i>Total Dissolved Solid</i>
USDA	U.S. Departement of Agriculture
FAO	Organisasi Pangan dan Pertanian
RI	Republik Indonesia
pKa	Penetapan Nilai Tetatpan Keasaman
Ppm	part per million
Na ₂ EDTA	Dinatrium Etilen Tetra Asetat
EDTA	Asam Etilen Diamina Tetra Asetat
CH ₃ COOH	Asam Asetat
COOH	Asam Karboksilat
CH ₃ COO ⁻	Ion Asetat
NaOH	Natrium Hidroksida
HCl	Asam Klorida
NaCl	Natrium Klorida
H ₂ CO ₃	Asam Karbonat
C ₆ H ₁₂ O ₆	Glukosa
C ₂ H ₅ OH	Etanol
CO ₂	Karbon Dioksida
N ₂ O	Dinitrogen Oksida

Lanjutan Tabel

O ₂	Gas Oksigen
O ₃	Ozon
NO ₃ ⁻	Nitrat
CO ₃	Karbon Trioksida
SO ₄ ²⁻	Ion Sulfat
Ca ²⁺	Ion Kalsium
Na ⁺	Ion Natrium
-OH	Alkanol
Cl ⁻	Ion Klorida
PO ₄ ³⁻	Ion Fosfat
PO ₄	Fosfat
NH ₄ ⁺	Amonium
H ⁺	Ion Hidrogen
Fe	Besi
Cu	Tembaga
Mn	Mangan
OH	Hidroksida
CO	Karbon Monoksida
Na	Natrium
Al	Aluminium
Mg	Miligram
ml	Milliliter
Kg	Kilogram
G	Gram
S	Belerang
K	Kalium
C	Karbon
N	Nitrogen
V	Volume
L	Liter
M	Molaritas

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Metode pengujian sampel	136
Lampiran 2 Dokumentasi	146
Lampiran 3 Hasil analisis perhitungan <i>eco enzyme</i>	152
Lampiran 4 Laporan hasil pengujian.....	162

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala karena atas rahmat, hidayah dan izin-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Identifikasi Karakteristik *Eco Enzyme* dari Bahan Organik Kulit Buah dengan Variasi Gula Aren dan Molases”. Shalawat serta salam tak lupa penulis curahkan kepada junjungan kita, Rasulullah SAW, yang telah mengantarkan umat manusia dari alam yang gelap menuju alam yang terang benderang.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada jenjang Strata-I Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Penulis menyadari banyak kesulitan yang dihadapi selama penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan, bimbingan, nasehat dan doa dari segala pihak membuat penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini penulis dengan rendah hati mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir ini utamanya kepada:

1. Allah SWT karna atas rahmat dan izin-Nya lah penulis berkesempatan untuk mendapat pengalaman dan pembelajaran pada penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Secara khusus penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua saya, ayahanda Sukir dan Ibunda Tura serta saudara-saudara saya Kak Rell, adik-adik saya Hasrina, Magfirah, Hasnia, Hasriani, Abdul Tata dan Devita atas segala doa, dukungan, motivasi dan kasih sayang sehingga penulis semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Suarni
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Kepala departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

7. Bapak Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc., selaku pembimbing I yang selalu membimbing, memotivasi, mendukung dan memperhatikan perkembangan penulis selama menyelesaikan tugas akhir.
8. Ibu Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T., selaku pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktu, membimbing dan memperhatikan perkembangan penulis selama menyelesaikan tugas akhir.
9. Seluruh Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin atas bimbingan, arahan, motivasi yang telah diberikan selama kurang lebih 4 tahun.
10. Pak Syarif selaku laboran Laboratorium Kualitas Air yang selalu memberi arahan dan bimbingan kepada penulis selama melaksanakan penelitian.
11. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin terkhusus Ibu sumi, Ibu Tami dan Pak Olan yang banyak bersabar dalam membantu penulis dalam proses administrasi.
12. Terimakasih kepada Universitas Hasanuddin yang telah membiayai kuliah penulis dari semester 1-8 dengan program pemerintah yaitu beasiswa Bidik Misi.
13. Nak-nak enzimable yang sudah banyak membantu penulis selama melaksanakan penelitian sampai penyusunan tugas akhir. Terkhusus kepada saudari Aol, Eva dan Linda selaku partner penelitian yang selalu memberi banyak tawa, semangat dan masukan selama penyusunan tugas akhir.
14. 7Iconnya Air'18 (Rey, Rahma, Linda, Sri, Eva dan Pepsi) selaku asisten di Laboratorium Kualitas Air yang selalu menghibur, membantu serta berbagi semangat dan ilmunya.
15. Saudari Hasneni, Titi, Dania, Savi, Nessa, Kiki, Cica, dan Era yang selalu membantu saat kesulitan, memberi semangat, mendukung penulis selama perkuliahan dan senantiasa memberikan saran dan masukan kepada penulis.
16. Teman-teman Penghuni Kost (Tami dan Tasya) yang selalu menasehati dan memberi bantuan selama penulis tinggal di Gowa.
17. Teman-teman penghuni Kost Rafa yang selalu membantu dan selalu bersedia direpotkan penulis.

18. Teman-teman seperjuangan Lab Riset Kualitas Air yang tergabung dalam grup “Pengendali Air” yang selalu memberi semangat dan senantiasa membantu penulis.
19. Teman-teman se-Transisi 2019 (Sipil dan Lingkungan 2018) atas segala momen dan bantuannya selama perkuliahan.
20. Kanda-kanda senior dan adik-adik junior yang telah membantu selama masa perkuliahan.
21. Anda yang sedang membaca skripsi ini.

Semoga segala bentuk apresiasi yang telah diberikan kepada penulis mendapat imbalan yang layak dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk memperbaiki kekurangan dari tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat memberi manfaat untuk perkembangan dalam bidang ilmu pengetahuan.

Gowa, 09 Januari 2023

SUARNI

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pesatnya pertumbuhan industrialisasi global, maka masalah pencemaran lingkungan juga ikut berdampak dan menjadi masalah kritis, hal ini terjadi akibat peningkatan populasi di seluruh dunia. Peningkatan populasi ini meningkatkan permintaan pangan yang secara tidak langsung meningkatkan produksi limbah makanan yang akan berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan. Pencemaran ini terjadi akibat dari pembuangan atau pengelolaan limbah yang tidak tepat, sehingga akan berdampak pada ekosistem lingkungan dan masalah kesehatan manusia.

Indonesia merupakan negara dengan populasi jumlah penduduk yang cukup besar dengan tingkat pertumbuhan yang tinggi. Akibat dari tingginya tingkat pertumbuhan ini akan mengakibatkan bertambahnya jumlah sampah. Data jumlah timbulan sampah di Indonesia pada tahun 2022 menunjukkan sekitar 16,927,520.00 ton sampah dihasilkan masyarakat per tahun dan sekitar 23,7% sampah belum terkelola dengan baik (SIPSN, 2022). Dari hasil studi Sustainable Waste Indonesia diketahui bahwa sekitar 60% dari total sampah yang dihasilkan di Indonesia merupakan sampah organik. Limbah organik yang berupa sisa makanan, kulit biji dari buah dan sisa sayuran menyumbang sekitar 75% dari limbah yang dihasilkan oleh masyarakat dan sisanya berupa limbah anorganik (Novianti & I Nengah, 2021).

Berdasarkan penelitian Juherah (2019) menyatakan bahwa di Makassar tingkat timbulan sampah diperkirakan sebanyak $0,0035 \text{ m}^3/\text{orang}/\text{hari}$, nilai ini didapatkan dari jumlah penduduk kota Makassar. Dengan jumlah penduduk 1.160.011 jiwa akan menghasilkan sekitar $4.060.03 \text{ m}^3$ sampah. Dimana sampah yang dapat terangkut hanya sekitar $3251,74 \text{ m}^3$ sedangkan yang belum terlayani masih ada sebanyak $808,29 \text{ m}^3$. Sumber sampah yang terbanyak dihasilkan dari pemukiman dan pasar tradisional. Umumnya sampah yang dihasilkan dari pemukiman dan pasar sangat beragam. Sampah organik dari pasar tradisional menyumbang sekitar 95% dan sekitar 75% dari pemukiman.

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No.18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, pada Pasal 1 menjelaskan bahwa sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Kegiatan menumpuk sampah dapat ditanggulangi melalui pengelolaan sampah. Sebagaimana dimaksud dalam Pasal 19 pengelolaan sampah dapat dilakukan dengan pengurangan sampah yang meliputi kegiatan; a. pembatasan timbulan sampah; b. pendaur ulangan sampah; dan/atau c. pemanfaatan kembali sampah. Namun faktanya sebagian besar sampah termaksud sisa makanan masih berakhir di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) atau mengalir ke badan air tanpa adanya daur ulang (Low *et al.*, 2021). Sampah organik berupa limbah makanan dari sisa buah-buahan dan sayuran yang bila terus ditumpuk dan dibiarkan begitu saja akan membusuk dan pada akhirnya akan menghasilkan karbon dioksida dan metana yang berbahaya bagi lingkungan.

Dalam rangka mengurangi limbah makanan, deretan upaya telah dilakukan seperti mengkonversi limbah makanan menjadi pupuk organik atau bahan baku dalam pengomposan untuk dimanfaatkan kembali sebagai aplikasi yang bernilai tambah. Residu yang dihasilkan dari limbah yang berupa buah-buahan atau sayuran dapat dimanfaatkan untuk produksi berbagai enzim melalui proses fermentasi yang ramah lingkungan. Limbah tersebut dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan *eco enzyme*.

Eco enzyme adalah istilah untuk menyederhanakan berbagai jenis enzim yang mungkin dihasilkan dalam media fermentasi menggunakan limbah makanan (Low *et al.*, 2021). *Eco enzyme* merupakan larutan kompleks yang dihasilkan dari fermentasi limbah dapur (kulit buah atau sayur), gula (gula merah, jiggery, atau tetes tebu), dan air. Prinsip proses pembuatan *eco enzyme* sendiri sebenarnya hampir sama dengan proses pembuatan kompos, namun dalam pembuatan *eco enzyme* ditambahkan air sebagai media pertumbuhan, sehingga diperoleh produk akhir yang berupa cairan. Gula merah, kulit buah atau sayuran, dan air dicampur dengan perbandingan 1:3:10 untuk membuat *eco enzyme* (Novianti dan I Nengah, 2021). Dr. Rosukon Poompanvong merupakan seorang peneliti dari Thailand yang pertama kali mengembangkan *eco enzyme*. Penelitian beliau dimaksudkan untuk menghasilkan *enzyme* yang ramah lingkungan dan bermanfaat bagi

lingkungan dengan memanfaatkan sisa bahan dari dapur yang tidak terpakai. Peneliti dari Naturopati, Penang, Malaysia yaitu Dr. Joean Oon kemudian memperkenalkan *eco enzyme* secara meluas.

Telah banyak argumen dan pendapat yang berkembang mengatakan bahwa *eco enzyme* merupakan cairan ajaib yang multifungsi hal ini telah banyak dibuktikan melalui beberapa penelitian yang dilakukan. Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Hemalatha dan P.Visantini (2020), terbukti bahwa cairan *eco enzyme* mampu mengelola air limbah dengan cara yang ramah lingkungan serta meningkatkan kesuburan tanah. Namun dari banyaknya manfaat yang di hasilkan dari *eco enzyme* ini masih minimnya penelitian ilmiah yang membahas lebih lanjut mengenai apa saja kandungan yang ada dalam *eco enzyme* sehingga memiliki banyak manfaat. Berbagai kandungan senyawa kimia terdapat dalam *eco enzyme*, ditemukan adanya gugus $-OH$, $COOH$, juga amilase, protase dan lipase. Dari hasil inkubasi yang dilakukan juga diperoleh adanya senyawa metabolit seperti flavonoid, alkanoid, kuinon dan saponin dalam cairan *eco enzyme* (Vama & Cherekar, 2020).

Berdasarkan uraian diatas menunjukkan bahwa ada banyak karakteristik dalam *eco enzyme*. Maka identifikasi mengenai kandungan apa saja yang ada dalam cairan *eco enzyme* perlu diteliti lebih lanjut. Maka dari itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui parameter yang terkandung dalam *eco enzyme* jika dilihat dari manfaatnya serta mengetahui bagaimana perbandingan *eco enzyme* dengan menggunakan gula aren dengan kulit buah serta molases dengan kulit buah, serta bagaimana kaitan parameter (klorida, fosfor, kalsium, asam asetat) dan 3 *enzyme* biokatalik (amilase, lipase dan protease) terhadap manfaat dari *eco enzyme*.

Penelitian ini juga didasari karena masih minimnya penelitian terdahulu terkait karakteristik *eco enzyme* dari bahan organik kulit buah dengan variasi gula aren dan molases. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian lainnya terletak pada parameter uji, jenis bahan organik yang digunakan dan variasi gulanya. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi acuan dalam penanggulangan sampah organik dan menjawab pendapat tentang manfaat dari *eco enzyme* serta dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya. Oleh karena itu peneliti

berkeinginan untuk mencoba melakukan penelitian, yaitu: “Identifikasi Karakteristik *Eco Enzyme* dari Bahan Organik Kulit Buah dengan Variasi Gula Aren dan Molases”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang yang telah dipaparkan, maka pokok permasalahan dari penelitian ini dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik *eco enzyme* dari bahan organik kulit buah dengan penambahan jenis gula berbeda (gula aren dan molases)?
2. Bagaimana perbandingan hasil uji karakteristik *eco enzyme* berbahan organik kulit buah dengan penambahan gula aren dan *eco enzyme* berbahan organik kulit buah dengan penambahan molases?
3. Bagaimana kaitan antara hasil uji karakteristik *eco enzyme* terhadap manfaat dari *eco enzyme*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan penelitian, maka tujuan yang ingin dicapai dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik *eco enzyme* dari bahan organik kulit buah dengan penambahan gula aren dan *eco enzyme* dari bahan organik kulit buah dengan penambahan molases.
2. Membandingkan hasil uji karakteristik *eco enzyme* antara bahan organik kulit buah dengan variasi gula aren dan dan *eco enzyme* berbahan organik kulit buah dengan penambahan molases.
3. Menganalisis kaitan antara hasil uji karakteristik *eco enzyme* terhadap manfaat dari *eco enzyme*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari terlaksananya penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Instansi Pendidikan

Dapat dijadikan sebagai acuan dan referensi bagi mahasiswa-mahasiswa selanjutnya baik yang berada di luar lingkup Departemen Teknik Lingkungan maupun mahasiswa-mahasiswa yang berada di lingkup Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin khususnya yang mengambil konsentrasi dibidang Kualitas Air dalam pengerjaan tugas, karya tulis ilmiah, pembuatan laporan praktikum dan penyelesaian tugas akhir.

2. Bagi Masyarakat

Memberikan pengetahuan serta informasi mengenai pengolahan sampah organik menjadi *eco enzyme*, serta membuktikan secara ilmiah terkait karakteristik dari cairan *eco enzyme* yang nantinya diharapkan masyarakat dapat mengolaha limbah organiknya menjadi produk yang bermanfaat.

3. Bagi Peneliti

Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapat gelar ST (Sarjana Teknik) di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin serta menjadi pengembangan kemampuan dari ilmu yang telah didapatkan yang nantinya dapat berguna jika ingin melakukan penelitian lanjutan mengenai *eco enzyme*.

1.5 Ruang Lingkup

Agar penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan efektif serta mencapai tujuan yang diharapkan maka perlu dibuat batasan-batasan yang mencakup sebagai berikut:

1. Pembuatan *eco enzyme* menggunakan delapan jenis bahan organik kulit buah (pisang, pepaya, semangka, nanas, apel, jeruk, mangga, dan buah naga merah), gula (gula aren dan molases) dan air dengan perbandingan untuk bahan organik:gula:air yaitu 3:1:10.
2. Proses fermentasi *eco enzyme* dilakukan selama 3 bulan.
3. Pengukuran pH dilakukan sekali dalam sepekan selama proses fermentasi.

4. Uji karakteristik *eco enzyme* dilakukan setelah proses fermentasi dengan melakukan uji parameter klorida, fosfor, kalsium, asam asetat, 3 *enzyme* biokatalitik (amilase, lipase dan protease) dan uji organoleptik (warna dan bau).

1.6 Sistematika Penulisan

Materi penulisan laporan tugas akhir yang dibahas pada penelitian ini dapat diuraikan secara singkat bab demi bab yang mencangkup lingkup bahasan tersendiri dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini merupakan bab pertama tugas akhir yang isinya mengantar pembaca tentang apa, mengapa dan untuk apa suatu topik diteliti. Dengan demikian, bab ini terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup dan diakhiri dengan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka berisi referensi terbaru, relevan, asli dan menguraikan teori umum yang mendasar masalah yang diteliti. Tinjauan pustaka menimbulkan gagasan penelitian yang dilakukan. Tinjauan pustaka menguraikan teori, temuan dan bahan penelitian lain yang diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran/konsep yang akan digunakan.

BAB III Metode Penelitian

Bab ini berisi rencana penelitian, waktu dan lokasi penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, populasi dan sampel penelitian, tahapan pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data dan teknik analisis.

BAB IV Analisis dan Pembahasan

Bab ini berisi analisis penelitian yang menyajikan data-data penelitian yang telah dikumpulkan, analisi data, hasil analisis data dan pembahasan yang akhirnya akan mengeluarkan suatu output dari penelitian. Bila ada maksud memisahkan secara jelas mana bagian hasil dan pembahasan dapat dipisah menjadi bab tersendiri.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini adalah bab terakhir yang memuat kesimpulan secara menyeluruh dari hasil penelitian serta saran-saran untuk perbaikan atau aspek lain yang perlu dikaji lebih lanjut

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah Organik

2.1.1 Definisi Sampah Organik

Menurut Wiryono & Dewi (2020) sampah organik merupakan jenis sampah yang mudah terurai menjadi bahan yang lebih kecil dan tidak berbau (kompos) serta dapat mengalami pelapukan (dekomposisi). Hal ini disebabkan karena sampah organik berasal dari bahan-bahan alami sehingga dapat dengan mudah mengalami pembusukan atau penguraian karena aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan sebagainya. Sampah organik merupakan bahan buangan yang biasanya dibuang secara *open dumping* tanpa pengolahan lebih lanjut sehingga akan menimbulkan gangguan lingkungan dan bau yang tidak sedap.

2.1.2 Sumber Sampah Organik

Menurut Kurniawan & Ahmad (2020) sampah organik merupakan sampah yang berasal dari alam yang terdiri dari sampah makanan atau dedaunan. Sampah organik dapat bersumber dari makhluk hidup, baik dari manusia, hewan dan tumbuhan. Sampah organik umumnya berasal dari hasil kegiatan rumah tangga berupa sisa buah dan sayuran (seperti kangkung, wortel, kulit jeruk, pepaya, bayam dan lain sebagainya).

2.1.3 Pemanfaatan Sampah Organik

Daur ulang sampah dengan proses pengomposan merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi timbulan sampah organik. Selain untuk mengurangi volume sampah, pengomposan juga memiliki banyak manfaat baik untuk lingkungan maupun makhluk hidup serta bernilai ekonomis karena tidak membutuhkan banyak biaya dalam pengolahannya.

Pengomposan yaitu pemanfaatan sampah berbahan organik sebagai bahan baku kompos. Sekitar 70-80% sampah kota berbahan organik, dimana sebagian besar dapat dijadikan kompos sehingga proses pengomposan penting

untuk dilakukan. Alternatif lain yang dapat digunakan untuk mendaur ulang sampah organik yaitu dengan membuat *eco enzyme*.

Prinsip proses pembuatan *eco enzyme* sendiri sebenarnya hampir sama dengan proses pembuatan kompos atau pupuk cair lainnya, namun dalam pembuatan *eco enzyme* ditambahkan air sebagai media pertumbuhan, sehingga diperoleh produk akhir yang berupa cairan. Komposisi bahan utama pembuatan *eco enzyme* bersumber dari limbah rumah tangga maupun pertanian (Lumbanraja, 2021).

2.2 Eco Enzyme

Eco enzyme atau yang lebih dikenal dengan sebutan eko enzim dalam Bahasa Indonesia merupakan hasil fermentasi dari sampah organik kemudian menghasilkan cairan. Ciri yang dimiliki cairan *eco enzyme* yaitu: berbau asam manis, berwarna coklat tua, tersusun dari senyawa kompleks, dan diperoleh dari fermentasi sisa kulit buah/sayuran, molases (gula merah), dan air (Sambaraju dan Lakshmi, 2020).

2.2.1 Sejarah Eco Enzyme

Formula pembuatan *eco enzyme* pertama kali ditemukan oleh seorang peneliti dari Thailand yaitu Dr. Rosukon Poompanvong, beliau juga merupakan pendiri dari Asosiasi Pertanian Organik Thailand. Beliau mempelajari ilmu enzim sudah sekitar 30 tahun dan memulai melakukan penelitian sejak tahun 1980-an dengan tujuan agar dapat membantu mengurangi limbah rumah tangga dan pemanasan global. Beliau kemudian mulai mengajarkannya kepada para petani dinegaranya melalui temuan yang didapatkan dengan tujuan mampu mengatasi pencemaran dan meningkatkan hasil produksi pertanian. Pada tahun 2003 melalui inovasinya ini beliau dianugrahi penghargaan oleh FAO Regional Thailand (Rochyani *et al.*, 2020). Peneliti dari Naturopati, Penang, Malaysia yaitu Dr. Joean Oon kemudian memperkenalkan *eco enzyme* secara meluas (*Eco enzyme Nusantara*, 2021).

2.2.2 Bahan dan Alat Pembuatan *Eco Enzyme*

Bahan dan alat yang digunakan dalam membuat larutan *eco enzyme* merupakan bahan-bahan yang bisa didapatkan disekitar kita sehingga lebih ekonomis. Menurut Novianti & Muliarta, (2021) dalam membuat *eco enzyme* dibutuhkan gula merah, kulit buah atau sayuran, dan air dicampur dengan perbandingan 1 (gula) : 3 (bahan organik) : 10 (air) dijabarkan sebagai berikut :

1) Limbah dapur segar (kulit buah atau sayur)

Eco enzyme dapat dibuat dengan memanfaatkan limbah dapur berupa kulit buah atau sayur yang masih segar. Pembuatan *eco enzyme* dapat menggunakan berbagai jenis kulit buah dan sayur, diantaranya adalah kulit nanas, jeruk, tomat dan mangga (Galintin *et al.*, 2020). Jenis kulit buah jeruk paling sering digunakan dalam pembuatan *eco enzyme*, hal ini karena sifatnya yang khas seperti aroma dan rasa yang tajam, sumber vitamin C, dan memiliki nilai keasaman yang tinggi (Vama & Cherekar, 2020). Limbah buah dan sayur mengandung banyak komponen bioaktif dan menghasilkan produk dengan nilai tambah melalui proses ekstraksi maupun fermentasi. Beberapa komponen bioaktif yang ada adalah polifenol, serat, enzim dan protein serta mengandung berbagai macam enzim untuk metabolisme makhluk hidup (Sagar *et al.*, 2018).

2) Gula (gula merah atau molases)

Pembuatan *eco enzyme* membutuhkan gula sebagai salah satu bahan baku utama dalam pembuatan *eco enzyme*. Menurut Muksin (2013) dalam Supriyani *et al.*, (2020), gula merupakan substrat yang digunakan sebagai penghasil alkohol. Jenis gula yang berbeda menghasilkan kadar alkohol yang berbeda pula. Gula yang ditambahkan dimanfaatkan oleh mikroba untuk membunuh bakteri akibat dari metabolisme dalam wadah yang tertutup. Umumnya substrat yang digunakan dalam proses fermentasi alkohol mengandung bahan dasar berupa senyawa organik berupa glukosa atau pati.

3) Air

Bahan lain yang digunakan dalam proses pembuatan *eco enzyme* adalah air. Jenis air yang digunakan dapat berupa air sumur, air PAM, air ledeng dan lain sebagainya dan tidak harus dimasak (Atmadja, 2022). Hal ini juga

dibenarkan oleh Litbang Pertanian Sumbar (2021), bahwa air yang digunakan adalah air bersih yang dapat berasal dari air galon/isi ulang, air sumur, air buangan AC, air hujan (yang ditampung langsung dari langit dan diendapkan 24 jam) dan air PDAM (diendapkan 24 jam untuk mengurangi kaporit).

Dalam pembuatan *eco enzyme* membutuhkan alat berupa :

1) Wadah

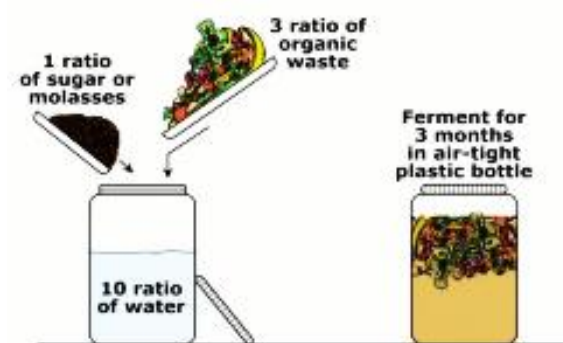
Membutuhkan wadah yang terbuat dari bahan plastik, penggunaan wadah bukan plastik sangat tidak dianjurkan, hal ini disebabkan karena aktivitas dari mikroba pada saat fermentasi yang akan banyak terbentuk gas yang bisa saja membuat wadah menjadi pecah (Novianti & Muliarta, 2021). DLH Cimahi (2020), memasukkan penggunaan jenis wadah untuk fermentasi *eco enzyme* sebagai catatan penting yang perlu diperhatikan karena pada proses fermentasi dapat mengeluarkan gas sehingga diperlukan wadah yang bisa mengembang sebagai tempat gas.

2.2.3 Cara Pembuatan *Eco Enzyme*

Menurut Novianti & Muliarta, (2021) cara pembuatan *eco enzyme* tidaklah begitu sulit untuk dilakukan sebab bahan-bahan bisa didapatkan di sekitar kita. Prinsip proses pembuatan *eco enzyme* sebnarnya mirip pembuatan kompos, namun ditambahkan air sebagai media pertumbuhan sehingga produk akhir yang dihasilkan berupa cairan yang lebih disukai karena lebih mudah digunakan dan tidak rumit dalam pengontrolan (Luthfiyyah *et al.*, 2010; Junaidi, 2021). Pertama-tama menyiapkan bahan-bahan berupa, bahan organik (kulit buah atau sayur), gula (gula merah atau molasses), air dan wadah plastik sebagai wadah dengan perbandingan bahan organik : gula : air yaitu 3 : 1 : 10.

Masukkan 10 bagian air kedalam wadah plastik yang memiliki tutup yang rapat, harus ada sisa ruang dalam wadah untuk gas hasil fermentasi, sehingga air tidak boleh mengisi penuh wadah (isi 60% dari wadah). Kemudian tambahkan 1 bagian gula kedalam wadah dengan cara memotong gula menjadi kecil-kecil (10% dari total air). Setelah itu masukkan 3 bagian sampah organik hingga mencapai 80% dari wadah, lalu tutup rapat wadah dan diamkan selama 3 bulan agar terjadi proses fermentasi dan menghasilkan *eco enzyme*. Setelah

proses fermentasi selama 3 bulan *eco enzyme* dapat disaring dan disimpan cairannya (Penmatsa *et al.*, 2019). Rasio pembuatan *eco enzyme* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Pembuatan larutan *eco enzyme*

Sumber : Penmatsa *et al.* (2019)

2.2.4 Manfaat *Eco Enzyme*

Setelah melalui proses fermentasi selama 3 bulan lamanya, produk *eco enzyme* telah siap digunakan. Dari beberapa literature menyebutkan bahwa cairan *eco enzyme* memiliki segudang manfaat. Menurut *Eco enzyme Nusantara*, (2021) manfaat cairan *eco enzyme* yaitu sebagai berikut:

1. Kehidupan sehari-hari

Cairan *eco enzyme* bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari karena dapat dijadikan sebagai pembersih alami, baik itu sebagai pembersih lantai, alat rumah tangga, maupun sebagai deterjen, obat kumur, dan sabun cair alami (Hasanah dkk., 2020). Larutan yang dihasilkan dari *eco enzyme* dapat digunakan untuk pembersihan perabotan rumah tangga dan penghilangan noda (Chin *et al.*, 2018). Karna sifat *eco enzyme* yang asam maka dapat digunakan dalam membersihkan peralatan makan, membersihkan lantai, juga dapat digunakan untuk mengusir nyamuk (Vama & Cherekar, 2020).

2. Kesehatan

Cairan *eco enzyme* dapat mengatasi berbagai luka (luka bakar, luka gores dan lain sebagainya), dapat mengatasi penyakit kulit (infeksi kulit, alergi maupun gigitan serangga), serta dapat dijadikan sebagai detoks dan *hand sanitaizer*. Menurut Larasati dkk., (2020), selain digunakan sebagai pembersih rumah tangga, antijamur, antibakteri dan agen insektisida *eco enzyme* juga

dapat digunakan untuk produk hygenitas seperti *headsantitizer* dan desinfektan. Larutan *eco enzyme* juga untuk mengatasi berbagai luka *eco enzyme* yang terbuat dari kulit nanas juga dapat dimanfaatkan dalam bidang kecantikan yaitu untuk menghambat pertumbuhan bakteri jerawat, hal ini disebabkan karena *eco enzyme* memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri jerawat (Ramadhani dkk., 2022).

3. Pertanian

Cairan *eco enzyme* dapat digunakan untuk menyiram tanaman sehingga menjadikan tanah menjadi subur dan menghasilkan panen buah, bunga yang berlebih, selain itu cairan ini juga dapat mengusir serangga-serangga pengganggu. Cairan *eco enzyme* dapat meningkatkan kesuburan tanah, hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hemalatha dan P.Visantini (2020) dimana pencampuran *eco enzyme* pada media tanah untuk tumbuhan cabai dan lidah buaya menunjukkan pertumbuhan yang signifikan dan menjanjikan. Ampas hasil dari fermentasi *eco enzyme* juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik (Junaidi dkk., 2021). Penggunaan *eco enzyme* sebagai pupuk organik dapat mengurangi total penggunaan pupuk di Indonesia.

4. Air, udara, dan tanah

1) Manfaat bagi air

Eco enzyme dapat memperbaiki kualitas air yang sudah tercemar seperti danau, sumur, dan selokan. Dalam air limbah *eco enzyme* dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam air. Berbagai enzim hidrolitik yang terkandung dalam *eco enzyme* meningkatkan aksesibilitas untuk menembus sel bakteri, yang pada akhirnya akan menimbulkan efek penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri (Hemalatha dan P.Visantini, 2020).

2) Manfaat bagi udara

Cairan *eco enzyme* dapat memperbaiki kualitas udara sehingga menjadikan udara lebih sehat dan bersih atau yang biasa disebut sebagai cairan desinfektan sebagai penghilang asap dan bau, hal ini disebabkan karena kandungan alcohol dan asam asetat yang ada dalam cairan tersebut (Larasati dkk., 2020). Penyemprotan *eco enzyme* di udara dapat menyerap

polutan yang disebabkan oleh asap rokok, asap kendaraan bermotor dan sejenisnya. Selain itu, *eco enzyme* juga digunakan masyarakat sebagai pengganti desinfektan kimia. Kandungan dari *eco enzyme* berupa asam asetat berfungsi untuk membunuh kuman, virus dan bakteri. *Eco enzyme* juga mengandung enzim protease, lipase dan amilase yang dapat membunuh pathogen (Hasanah dkk., 2020).

3) Manfaat bagi tanah

Kesuburan tanah dapat ditingkatkan dengan menambahkan cairan *eco enzyme* lewat pengairan sawah. Mencampur *enzyme* yang ramah lingkungan dengan air dapat meningkatkan hasil tanaman yang lebih baik (Hasanah dkk., 2020). Selain itu penambahan *eco enzyme* pada media tanam untuk tumbuhan dinilai mampu meningkatkan kesuburan tanah.

2.3 Fermentasi *Eco Enzyme*

Fermentasi secara umum diartikan sebagai suatu proses konversi gula menjadi asam organik atau alcohol. Istilah fermentasi digunakan pada proses yang melibatkan mikroorganisme seperti bakteri, *yeast* dan fungi untuk menghasilkan produk yang berguna bagi manusia (Nurhadianty dkk., 2018). Secara umum proses fermentasi terbagi menjadi dua jenis berdasarkan kebutuhan oksigen pada setiap prosesnya, yaitu fermentasi secara aerob dan anaerob. Menurut Aditya (2017), fermentasi secara anaerobik dilakukan oleh mikroorganisme yang hidup dilingkungan tanpa *oxygen*. Dekomposisi yang terjadi terdiri dari empat tahap: hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan methanogenesis. Sedangkan fermentasi aerobik merupakan fermentasi yang berlangsung dalam suasana lingkungan beroksigen. Produk fermentasi berupa biomassa sel, enzim, metabolit primer maupun sekunder atau produk transformasi (biokonversi). Proses fermentasi mendayagunakan aktivitas suatu mikroba tertentu atau campuran beberapa spesies mikroba. Mikroba yang banyak digunakan dalam proses fermentasi antara lain khamir, kapang, dan bakteri (Rijal dkk., 2021).

Beberapa faktor yang mempengaruhi fermentasi diantaranya adalah jumlah mikroba, lama fermentasi, pH (keasaman), substrat (medium), suhu, alcohol, oksigen, garam dan air (Fikriyah, 2018). Faktor lain yang mempengaruhi

fermentasi yaitu jenis mikroorganisme, nutrisi dan media (Nurhadianty dkk., 2018). Menurut Lehninger (1994 dalam Rijal dkk., 2021), menyebutkan bahwa penerapan metode fermentasi yang sering digunakan diantaranya adalah fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat. Fermentasi alkohol dan fermentasi asam laktat memiliki perbedaan dalam produk akhir yang dihasilkan. Produk akhir fermentasi alkohol berupa etanol dan CO₂, sedangkan produk akhir fermentasi asam laktat berupa asam laktat

Menurut Rijal dkk., (2021) reaksi dalam fermentasi berbeda-beda tergantung pada jenis gula yang digunakan dan produk yang dihasilkan. Secara singkat glukosa yang merupakan gula paling sederhana, melalui proses fermentasi akan menghasilkan etanol. Persamaan reaksi kimia yaitu:



Reaksi diatas dijelaskan : gula (glukosa, fruktosa dan sukrosa) = alcohol (etanol) + karbondioksida + energi ATP.

Dalam pembuatan *eco enzyme* menggunakan prinsip fermentasi limbah organik selama 3 bulan dalam kondisi anaerob fakultatif dan aerobic. Selama fermentasi anaerobic fakultatif, bahan organik akan diubah menjadi ethanol dan setelahnya akan dilakukan proses aerobic untuk mengubah senyawa alcohol menjadi senyawa asam (Rijal dkk., 2021). Penguraian senyawa-senyawa organik untuk menghasilkan energi diperoleh dari mikroorganisme seperti jamur, ragi atau bakteri. Mikroba yang melakukan fermentasi membutuhkan energi yang umumnya diperoleh dari glukosa, glukosa ini bersumber dari gula aren yang ditambahkan pada proses produksi ekoenzim (Viza, 2022).

Menurut Vika S dkk., (2020) pada proses fermentasi ekonzim menghasilkan gas berupa O₃ (ozon) dan hasil akhirnya berupa cairan pembersih serta pupuk yang ramah terhadap lingkungan. Selama proses fermentasi ekoenzim berlangsung, reaksi yang terjadi dilihat pada Persamaan .



Selama proses fermentasi enzim berlangsung, gas yang dihasilkan dari proses fermentasi dapat melepaskan O₃ yang dikenal sebagai ozon. Ozon yang

dikeluarkan ke udara akan bercampur dengan gas lain di udara sehingga dapat menetralkan suhu ruang. Selain itu juga dihasilkan NO_3 (nitrat) dan CO_3 (karbon trioksida) yang dibutuhkan oleh tanah sebagai nutrient.

2.4 Jenis Gula untuk Pembuatan *Eco Enzyme*

Salah satu bahan penting yang digunakan untuk membuat formulasi *eco enzyme* adalah gula. Menurut Maturbongs (2022), menyebutkan bahwa dalam pembuatan *eco enzyme* sebaiknya tidak menggunakan gula pasir. Gula yang digunakan dalam pembuatan *eco enzyme* ada berbagai macam (Pakubumi, 2022) diantaranya yaitu:

2.4.1 Gula Merah

Gula merah adalah gula dari hasil pengolahan nira aren, ataupun kelapa. Pada pengolahan nira ini juga digunakan kapur sirih sebagai pengawet dan pengendap. Sumber nira yang dapat digunakan untuk membuat gula merah terdiri dari aren, kelapa, siwalan atau lontar, dan lain sebagainya (Heryani, 2016). Produk merah yang dibuat dari gula aren paling banyak dikenal di masyarakat umum. Gula merah (aren) merupakan sumber glukosa yang terdapat di alam dan juga merupakan salah satu sumber karbohidrat sederhana. Karbohidrat sederhana tersusun atas satu atau dua molekul gula sehingga sumber energi dapat cepat terolah (Al-ghifari, 2020). Gula aren adalah hasil olahan dari proses penyadapan nira aren yang dikurangi kadar airnya dengan cara dipanaskan hingga menjadi padat. Kandungan sukrosa, glukosa, dan fruktosa pada gula aren berbeda-beda sesuai dari hasil olahan gula aren, kandungan sukrosa dan fruktosa untuk olahan gula aren semut merupakan yang tertinggi, sedangkan untuk kandungan glukosa tertinggi ditemukan pada olahan gula aren dalam bentuk cair (Assah & Makalalang, 2021).

Berbagai manfaat yang terkandung dalam gula aren yaitu nilai gizi yang lebih banyak, bersifat antioksidan, indeks glikemik yang rendah, mengandung serat dan bermanfaat bagi kesehatan (Suharto dkk., 2021). Salah satu pemanis alami yang baik untuk tubuh adalah gula aren, disebabkan karena kandungan dari gula aren itu sendiri. Menurut hasil penelitian yang dilakukan Susianty *et*

al, (2021) kandungan nutrisi pada gula aren diperkirakan lebih tinggi dari pada gula tebu dan gula kelapa. Kadar air, gula aren sekitar 1,49%; kadar abu: 0,8%, dan kadar lemak: 4,67%. Kandungan mineral lengkap yang ada pada gula aren adalah Fe: 14,40%; Zn: 1,56%; Cu: 0,90%; dan Mn: 0,96%, dari kandungan tersebut gula aren dapat dijadikan sebagai pemanis.

Menurut Pakubumi (2022), kandungan nutrisi pada gula merah non tebu (aren) terdiri dari: abu (ash) : 1,0 gram, air (water) : 7,0 gram, besi (Fe), ferrum, iron : 3,0 miligram, energi (energy) : 368 Kalori, fosfor (P), phosphorus : 35 miligram, kalium (K), potassium : 390,4 miligram, kalsium (Ca), calcium : 75 miligram, karbohidrat (CHO) : 92,0 gram, natrium (Na), sodium : 15 miligram, niasin, $C_6H_5NO_2$, niacin : 0,5 miligram, riboflavin (vitamin B2) : 0,01 miligram, seng (Zn), zinc : 26,4 miligram, tembaga (Cu), copper : 0,04 miligram.

2.4.2 Gula Merah Tebu (GMT)

GMT diolah dengan sederhana dengan mengambil nira tebu dan tambahan $Na(OH)^2$ /kapur sirih sebanyak 2%. Fungsi dari Kapur sirih dalam proses pembuatan Gula Merah Tebu ini sebagai bahan pengawet, juga memaksimalkan pengendapan residu gula. Selain kapur sirih petani gula tradisional juga menggunakan bubuk buah manggis sebagai bahan yang berfungsi sama dengan kapur sirih. Gula merah tebu, berwarna merah karena dalam prosesnya tidak terpisah antara molase dan gula pasirnya. Sehingga cairan kental dari pemanasan nira dimasukkan cetakan menjadi GMT.

Gula Tebu Merah mengandung energi sebesar 356 kilokalori, protein 0,4 gram, karbohidrat 90,6 gram, lemak 0,5 gram, kalsium 51 miligram, fosfor 44 miligram, dan zat besi 4 miligram. Selain itu di dalam gula merah tebu juga terkandung vitamin A sebanyak 0 miligram, vitamin B1 0,02 miligram dan vitamin C 0 miligram. Hasil tersebut didapat dari melakukan penelitian terhadap 100 gram gula merah tebu.

2.4.3 Molases

Molases diperoleh dari sisa proses kristalisasi gula yang terjadi berulang-ulang, biasanya berwarna coklat gelap sampai keemasan, bersifat lengket dan

memiliki rasa manis. Molases dikenal sebagai limbah bernilai karena mengandung nutrisi. Molase/tetes tebu juga memiliki kandungan mineral esensial seperti kobalt, boron,iodium, copper, mangan, seng, dan mengandung karbohidrat tinggi. Selain itu, juga mengandung vitamin B kompleks dan vitamin–vitamin yang larut dalam air (Pakubumi, 2022).

Molases merupakan produk sampingan dari industri gula yang mengandung sekitar 40-60% gula dengan banyak kandungan sukrosa. Kandungan sukrosa pada molases dapat digunakan sebagai media pertumbuhan bakteri asam laktat dan *yeast* untuk sumber probiotik ternak (Hilmi & Prastujati, 2020). Komponen utama dari molases yaitu karbohidrat dan air, selain itu molases mengandung sejumlah asam amino, vitamin, garam organik (SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Na^+ , dan sebagainya), serta beberapa zat pembentuk warna berupa zat caramel, melanoidin, dan melanin (Pattanakitvorakul *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2021).

Menurut Jamir *et al.*, (2021), dalam molases ditemukan sejumlah kecil vitamin dan mineral sehingga banyak digunakan sebagai bahan (tradisional/konvensional) dalam pembuatan roti, sebagai bahan baku fermentasi atau sebagai bahan tambahan pakan ternak. Selain itu, molases juga memiliki potensi sebagai antioksidan, antimikroba, dan beberapa sifat terapi lainnya, namun manfaat yang diberikan juga cenderung memiliki efek berbahaya. Sehingga perlu diperhatikan efek potensi toksisitasnya.

2.5 Bahan Organik Kulit Buah

Produk *eco enzyme* bersumber dari limbah rumah tangga dengan menggunakan berbagai jenis bahan organik berupa kulit buah-buahan. Berikut penggunaan kulit buah untuk pembuatan *eco enzyme*:

2.5.1 Pisang (*Musa paradiaca* L.)

Tanaman pisang di Indonesia terdiri dari berbagai jenis dengan morfologi tanaman yang tidaklah berbeda, jenis pisang antara lain pisang ambon, pisang mas, pisang raja serta pisang kepok. Menurut Badan Pusat Statistika (BPS, 2021) menyebutkan bahwa produksi pisang pada tahun 2021 sebesar 8,47 juta

ton, meningkat sekitar 6,82% (558,39 ribu ton) dari tahun 2020, sedangkan partisipasi konsumsi pisang rumah tangga sebesar 33,81%.

Limbah kulit pisang adalah bahan buangan dari buah pisang yang tergolong banyak jumlahnya dan belum dimanfaatkan secara nyata kebanyakan dibuang sebagai limbah organik (Lumowa & Bardin, 2018). Kandungan kimia ekstrak kulit pisang kepok yaitu flavonoid, fenol, alkaloid, saponin dan tanin (Ariani & Niah, 2019). Selain itu kandungan kulit pisang lainnya yaitu pati (karbohidrat), pati kulit pisan terkonversi menjadi gula (Mayang dkk., 2019). Kulit pisang juga mengandung vitamin C, vitamin B, kalsium, protein, selulosa, arabinose, hemiselulosa, glaktosa, rhamnosa, lemak, asam galacturonik dan pigmen klorofil (Budiman dkk., 2018).

2.5.2 Pepaya (*Carica papaya* L.)

Pepaya merupakan buah klimakterik yang diperoleh dari amerika tengah, pepaya terkenal di Indonesia karena memiliki banyak manfaat. Menurut Badan Pusat Statistika (BPS, 2021) jumlah konsumsi pepaya di Indonesia sebesar 1 juta ton, dan mengalami peningkatan konsumsi dari tahun 2020. Pepaya merupakan sejenis semak dengan batang pohon yang lurus dan bulat (Rochyani dkk., 2020).

Kulit buah pepaya adalah limbah bahan buangan dari buah pepaya, dimana pengolahan limbah kulit buah papaya belum dikelola dengan baik, namun dibalik hal tersebut ternyata kandungan kulit buah papaya sangat beragam yaitu mengandung vitamin A, magnesium, folat, asam pantotenat, tembaga, vitamin B kompleks, lutein, bera karoten, vitamin E, zeaxanthan, vitamin K, kalium, kalsium, lycopene, dan enzim papain (Paat *et al.*, 2020).

2.5.3 Semangka (*Citrullus lanatus*)

Menurut Syalom, Mulyani, & Legowo (2021) semangka merupakan jenis tanaman rambat yang berasal dari afrika, tanaman ini cocok ditanam di daerah subtropis dan tropis. Di Indonesia semangka memiliki dua warna yang paling sering di jumpai yaitu semangka merah dan semangka kuning. Semangka mengandung air tinggi dan masuk dalam komoditas horticultural. Kandungan kulit semangka sebagian besar berupa anti-nutrien seperti saponin, flavonoid,

alkaloid, hydrogen sianida, fenol, oksalat, tannins dan pitate yang terdapat pada kulit luar, daging buah, dan kulit bagian dalam (Ratnasari dkk., 2016). Kandungan nilai gizi yang terdapat pada semangka berupa vitamin A, vitamin C, dan Kalium yang baik bagi kesehatan (Nuraini & Nurminha, 2020). Selain itu lapisan kulit putih pada semangka ternyata memiliki aktivitas antijamur (Gunawan, 2020).

2.5.4 Nanas (*Ananas comosus*)

Tumbuhan nanas pertama kali ditemukan tumbuh di daerah amerika serikat, nanas adalah jenis buah yang dikonsumsi sebagai buah segar. Produksi buah nanas di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 597,05 juta ton (BPS, 2021). Di Indonesia buah nanas banyak dipakai untuk bahan baku industri pertanian, pengolahan buah nanas dalam industri menghasilkan cukup banyak limbah. Limbah nanas yang dihasilkan umumnya berupa batang, daun, kulit, dan bonggol. Sekitar 596.000 ton per tahun limbah kulit nanas dibuang tanpa pengolahan (Kholifah *et al.*, 2022).

Kulit nanas memiliki tekstur yang tidak rata dan memiliki duri kecil pada permukaannya. Kulit nanas mengandung vitamin C, antosianin, karotenoid, flavonoid, air, enzim bromelain, gula reduksi, serat kasar, tanin, dan protein (Cahyani, 2021). Senyawa pada kulit nanas yang berupa bromelain, alkaloid, saponin, dan flavonoid dapat digunakan sebagai antibakteri (Leny dkk., 2021).

2.5.5 Apel (*Malus domestica*)

Apel (*Malus domestica*) merupakan tanaman buah yang berasal dari Asia Barat dan Eropa Timur yang beriklim sub tropis dan mulai tumbuh di Indonesia setelah beradaptasi dengan iklim yang ada di Indonesia yaitu iklim tropis. Jenis varietas apel local yang banyak dijumpai ada tiga jenis yaitu manalagi, anna, dan romebeauty. Apel anna pertama kali didatangkan dari Thailand sejak tahun 1979 (Oktaviananta, 2018; Muchlis, 2020).

Buah apel mengandung karbohidrat dengan jumlah yang cukup, banyak mengandung mineral yang berguna bagi kesehatan, komponen air pada buah apel merupakan yang terbesar (Winifati, 2019). Apel memiliki senyawa metabolit sekunder yang merupakan senyawa-senyawa biosintetik turunan dari

metabolit primer, kandungan metabolit sekunder pada buah apel memiliki banyak manfaat bagi kesehatan. Kandungan metabolit sekunder pada buah apel yang mempunyai kemampuan antimikroba dan antifungi yaitu polifenol, flavonoid, saponin, pectin, dan yodium (Moersidi, 2015; Arifah, 2019).

2.5.6 Jeruk (*Citrus sinensis*)

Tumbuhan jeruk paling banyak ditanam di Indonesia dan juga merupakan salah satu buah yang sering dikonsumsi karena rasanya yang manis dan kandungan nutrisi pada buahnya. Produksi jeruk di Indonesia pada tahun 2021 sebesar 2,51 juta ton, dengan konsumsi sektor rumah tangga sebesar 31,58% (1.153,43 ribu ton) (BPS, 2021).

Limbah kulit jeruk merupakan limbah organik yang tidak memiliki nilai ekonomis, dan mengandung kadar glukosa yang cukup tinggi (Sutrisno *et al.*, 2021). Kulit buah jeruk yang baru saja dipanen mengandung sekitar 70% air, 6-8% gula dan asam organik dalam jumlah kecil (Chandler, 1958; Arimpi & Pandia, 2019). Kulit jeruk manis mengandung minyak atsiri yang terdiri dari senyawa limonene, sitronelal, giraniol, linalool, mirsen, sabinen, geranil asetat, nonanal dan geranial, juga mengandung banyak pectin sekitar 15-25% dari berat kering, serta mengandung vitamin C (Indah, 2013; Fajrianti, 2021).

2.5.7 Mangga (*Mangifera indica*)

Mangga menyebar ke Asia Tenggara sekitar 1500 tahun yang lalu, berasal dari perbatasan India dengan Burma (Prayogi, 2017). Pada tahun 2021 produksi mangga mencapai 2,84 juta ton, dengan konsumsi mangga di sektor rumah tangga mencapai 3,70% (1445,78 ribu ton), dengan peningkatan konsumsi buah mangga juga akan meningkatkan produksi limbah kulit mangga sebagai limbah organik (BPS, 2021).

Mangga adalah jenis buah tropis yang mengandung antioksidan tinggi seperti *pHenolics*, karoten dan vitamin C (Permata, 2018). Kulit buah mangga juga memiliki kandungan senyawa fenol yang banyak. Pada penelitian yang dilakukan Jirasuteeruk dan Theerakulkait, 2019 menyatakan bahwa sekitar 972 mg/100 g total senyawa fenol diperoleh dari 100 gram kulit mangga kering. Penelitian lain yang dilakukan Suleria *et al.*, menyebutkan bahan kandungan

senyawa fenol tertinggi terdapat pada kulit buah mangga, salah satu bagian besarnya yaitu kadar flavonoid (Arvianto, 2022).

2.5.8 Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

Buah naga atau *Dragon fruit* (jenis buah dari tanaman *Hulocereus*) adalah tanaman buah yang kini mulai banyak di budidayakan di Indonesia, karena rasanya yang manis dan tampilan buahnya yang menarik ternyata juga memiliki berbagai manfaat bagi kesehatan, varietas buah naga ada berbagai macam diantaranya yaitu buah naga merah dengan daging buah putih, buah naga kuning dengan daging buah putih, buah naga merah muda dengan daging buah merah, dan buah naga dengan warna daging buah sangat merah (Chayati *et al.*, 2011; Achyadi dkk., 2018).

Menurut David *et al.*, (2018) kulit buah naga merupakan bagian yang cukup besar dan memiliki berat sekitar 35% dari berat buah. Kulit buah naga mengandung antioksidan yang dapat menangkal radikal bebas dalam tubuh, salah satu kandungan antioksidan pada buah naga yaitu betasianin. Berdasarkan hasil penelitian jumlah kulit buah naga merah mengandung komponen gula sekitar 8,4%, diantaranya yaitu glukosa, fruktosa dan maltosa (Choirunnisa, 2017). Selain kaya akan vitamin C, vitamin A, vitamin E, piridoksin, terpenoid, alkaloid, flavonoid, tiamin, niacin, kobalamin, karoten, fenolik serta fitoalbumin, kulit buah naga juga mengandung antosianin yang tinggi dengan aktivitas antosianin pada kulit buah lebih besar daripada di daging buahnya (Achyadi dkk., 2018).

2.6 Parameter Uji *Eco Enzyme*

2.6.1 *Potential Hydrogen* (pH)

Potential Hydrogen (pH) adalah medium suatu mikroorganisme yang dapat mempengaruhi pertumbuhan (aktivitas pembelahan sel) dari mikroorganisme tertentu (Cika *et al.*, 2022). Menurut Anggraini, Yuniningsih & Sota (2017) pH merupakan kondisi yang dinyatakan sebagai tingkat derajat keasamaan atau basa yang berkaitan dengan aktivitas ion hydrogen yang dibentuk dari informasi kuantitatif. Nilai pH diperoleh dari perbandingan

antara konsentrasi ion hydrogen (H^+) dengan konsentrasi ion hidroksil (OH^-) dalam suatu unsur. Jika konsentrasi dari H^+ lebih besar dari OH^- maka disebut asam, yaitu nilai pH kurang dari 7. Namun, sebaliknya jika nilai OH^- lebih besar dari H^+ maka disebut basa, yaitu nilai pH lebih besar dari 7. Apabila nilai konsentrasi keduanya sama besar maka disebut sebagai pH netral. Ion hydrogen dan ion alkalin bebas dalam suasana asam dan basa. Derajat keasaman dinyatakan sebagai besarnya konsentrasi ion H^+ dalam larutan, maka untuk menyatakan derajat keasaman suatu larutan digunakan pengertian pH.

Kualitas dan kuantitas hasil fermentasi dapat dipengaruhi oleh derajat keasaman, dimana pemicu tingkat kematian sel mikroba terjadi bila pH terlalu rendah (asam) atau terlalu tinggi (basa) (Cika *et al.*, 2022). Indikator pH pada fermentasi *eco enzyme* dengan waktu 3 bulan memiliki nilai pH yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai pH dengan waktu fermentasi 2,5 bulan (Rusdianasari *et al.*, 2021). Nilai pH larutan menunjukkan penurunan secara bertahap hingga kisaran pH 3,0-4,0, penurunan pH media fermentasi disebabkan oleh konversi gula yang ada dalam campuran menjadi asam, etanol dan karbon dioksida (Chin *et al.*, 2018). Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui berapa pH awal sebelum dan setelah terjadi perombakan secara anaerob oleh bakteri (Fuadi, 2020).

2.6.2 Aroma/bau

Aroma adalah suatu yang diamati dengan indra penciuman (hidung), dimana data yang menghasilkan aroma merupakan zat yang dapat menguap, sedikit larut dalam air, dan sedikit larut dalam lemak sehingga senyawa yang dihasilkan akan berbau sampai ke jaringan pembau dalam hidung bersama-sama dengan udara (Yuliani, 2014; Liani, 2018).

Menurut Christi dkk., (2018) aroma fermentasi menentukan kualitas fisik, dimana warna yang baik akan menghasilkan aroma yang baik pula, dimana proses yang terjadi pada fermentasi menghasilkan aroma yang khas. Selama proses fermentasi terjadi reaksi aerob yang dibentuk pada hari 1-7 dengan produknya berupa asam lemak yang mudah menguap. Varian *eco enzyme* memberikan aroma asam, adanya bau asam khas yang segar

dipengaruhi oleh produk *eco enzyme* yang dibuat sebab mengandung gugus karboksilat melalui proses esterifikasi dan dihasilkan akhir asam asetat yang mampu menekan pertumbuhan mikroorganisme.

2.6.3 Warna

Warna menjadi indikator utama untuk menentukan kesegaran, keseragaman, dan pemerataan pencampuran atau pengolahan (Liani, 2018). Warna merupakan indikator penilaian dalam menentukan kualitas fermentasi. Perubahan warna yang terjadi disebabkan oleh proses respirasi aerobik yang berlangsung selama persediaan oksigen masih ada, sampai karbohidrat yang terkandung dalam bahan habis. Naiknya temperature disebabkan karna timbulnya panas oleh karbihidrat yang teroksidasi menjadi CO₂ dan air. Kondisi selama proses fermentasi menyebabkan ketidakstabilan suhu sehingga terjadi perubahan warna (Stefani *et al.*, 2010; Christi, Rochana & Hernaman, 2018).

Tampilan warna dari *eco enzyme* dipengaruhi oleh proses fermentasinya. Berdasarkan penelitian *eco enzyme* dari bahan baku kulit buah, warna produk *eco enzyme* mengalami perubahan warna yang awalnya berwarna coklat bening (warna asal dari gula aren) berubah menjadi warna coklat keruh (Larasati dkk., 2020). Produk *eco enzyme* berwarna coklat dengan tingkat kepekatan warna yang berbeda-beda, mulai dari warna coklat muda, coklat kekuningan sampai warna coklat tua. Perbedaan warna tersebut disesuaikan dengan penggunaan bahan organik dan jenis gula atau substrat yang digunakan (Viza, 2022).

2.6.4 Klorin

Klorin pertama kali ditemukan pada tahun 1774 oleh Scheele, yang awalnya disangka oksigen. Kemudian diberinama klor oleh Davy pada tahun 1810 dan menyatakan bahwa zat ini adalah sebuah unsur. Klorin adalah unsur kimia ke-7 tertinggi yang diproduksi di dunia. Klor dalam ditemukan dalam keadaan bersenyawa. Bentuk klorin dalam air akan berubah menjadi asam klorida (Sari, 2018). Klorida merupakan salah satu senyawa umum yang terdapat di perairan, dimana senyawa-senyawa ini mengalami proses disosiasi dalam air membentuk ion (Amaliah, 2012). Anion klorida (Cl⁻) merupakan

anion anorganik yang terdapat dalam sampel perairan dengan jumlah lebih banyak daripada anion-anion halogen lainnya. Ion klorida dalam larutan bersenyawa menjadi natrium klorida, kalium klorida, ataupun kalsium klorida (Ngibad & Dheasy, 2019). Klor atau klorin merupakan bahan kimia yang bersifat oksidator yang berfungsi untuk menghilangkan pertumbuhan mikroorganisme.

Kandungan klor yang tinggi dalam air minum dapat menyebabkan racun bagi tubuh, namun apabila klor dalam konsentrasi yang layak tidak berbahaya bagi manusia bahkan dibutuhkan sebagai desinfektan (Antara *et al.*, 2018; Ardiatma & Surito, 2019). Ion klorida juga tidak bersifat toksik dan tidak bisa dioksidasi dalam keadaan normal. Namun, kation dari garam klorida dalam jumlah besar dapat menyebabkan penurunan kualitas air. Analisa terhadap kandungan klorida dalam air sangat penting untuk melihat kelebihan klorida dalam air (Safitri, 2019). Di Indonesia klorida digunakan untuk meniadakan kuman penyakit yang mencemari air minum. Sebagai desinfektan residu klor di dalam penyediaan air sangat dipelihara (Risman D, 2019). Kadar klor yang melebihi 250 mg/l akan menyebabkan rasa asin dan korosif pada logam (Gun, 2021).

2.6.5 Fofor (P)

Fosfor (P) merupakan unsur hara makro esensial yang memegang peranan penting dalam berbagai proses, seperti fotosintesis, asimilasi dan respirasi (Gardener *et al.*, 1985; Liferdi, 2010). Cahyono, (2003) dalam Nuryani, Haryono & Historiawati, (2019) menyatakan bahwa fosfor bagi tanaman buncis berfungsi untuk memperkuat batang dan cabang, jumlah daun dan luas daun, metabolisme dan berat biji. Mengingat fungsi fosfor yang sangat penting dalam pertumbuhan tanaman, maka penambahan fosfor untuk memenuhi kebutuhan hara pada tanaman harus dilakukan (Liferdi, 2010). Ketersediaan fosfor dipengaruhi oleh keadaan pH tanah, dimana ketersediaannya pada tanah yang memiliki pH lebih dari 8 menimbulkan permasalahan, hal ini diakibatkan adanya reaksi fosfor dengan kalsium

sehingga fosfor menjadi bentuk yang tidak tersedia untuk tanaman (Novitasari, 2018).

Unsur fosfor (P) merupakan unsur hara (nutrisi) yang diperlukan oleh flora (tumbuhan) untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya. Unsur fosfor (P) ada dalam bentuk fosfat (PO_4), Bersama dengan unsur-unsur kimia lain seperti belerang (S), kalium (K) dan karbon (C) disebut juga sebagai unsur hara (*nutrient*) (Edward & Taringan, 2003; Amaliah, 2012). Menurut Listantia (2022) fosfor yang terdapat bebas di alam, terutama di air, dominan berada dalam bentuk senyawa fosfat (PO_4^{3-}). Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat organik, fosfat organik ini yang digunakan bakteri maupun tanaman untuk pertumbuhan. Fosfor sebagai fosfat merupakan parameter kimia yang sering dijadikan indikator tingkat kesuburan dan atau pencemaran bagi perairan sungai/laut.

Produk *eco enzyme* dapat digunakan sebagai pestisida alami, pupuk organik, pembersih lantai, penjernih air dan lain sebagainya. Penggunaan *eco enzyme* sebagai pupuk organik dapat meningkatkan kesuburan tanah. Kesuburan tanah dapat ditingkatkan dengan menambahkan cairan *eco enzyme* lewat pengairan sawah (Hasanah, Mawarni, Hanum, 2020).

2.6.6 Kalsium (Ca)

Kalsium adalah salah satu jenis makronutrien yang bermanfaat bagi tubuh. Kalsium berperan aktif dalam tubuh baik untuk pembentukan dan pemeliharaan tulang dan gigi serta membantu proses kontraksi dan relaksasi otot, namun juga berperan penting dalam menjaga sel yang sehat, sekresi hormone dan pembekuan darah (Azis *et al.*, 2018). Selain sebagai makronutrien yang bermanfaat bagi tubuh unsur kalsium (Ca) juga merupakan unsur makro esensial yang tidak dapat digantikan keberadaannya oleh unsur hara lainnya. Unsur kalsium sangat berpengaruh pada pertumbuhan tanaman dan kualitas buah (Novitasari, 2018). Produk *eco enzyme* dapat digunakan sebagai pestisida alami, pupuk organik, pembersih lantai, penjernih air dan lain sebagainya. Penggunaan *eco enzyme* sebagai pupuk organik yang mudah dibuat

dan digunakan, selain itu produk *eco enzyme* juga terbukti dapat menyembuhkan berbagai penyakit luar (Novianti & Muliarta, 2021).

2.6.7 Asam Asetat

Asam asetat atau cuka memiliki rumus kimia CH_3COOH adanya perbedaan electron negative di antara O dan H^+ pada gugus OH yang lebih besar dibandingkan CO dan OH pada gugus COOH menyebabkan gugus OH akan lebih mudah putus dan menghasilkan ion H yang terbentuk kemudian berikatan dengan 3 molekul C tersier yang terdapat pada komposit sehingga menyebabkan perubahan warna (Makasenda dkk., 2018). Asam asetat atau asam cuka merupakan senyawa organik yang mengandung gugus asam karboksilat, yang dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma dalam makanan (Wusnah, Meriatna & Lestari, 2018). Asam asetat yang bercampur dengan air akan terdisosiasi menjadi ion H^+ dan CH_3COO^- . Penggunaan asam asetat banyak digunakan dalam produksi polimer seperti tereflalat, selulosa asetat, polivinil asetat dan serat (Zulkarnain & Prayoga, 2017). Asam asetat atau yang lebih dikenal sebagai asam cuka CH_3COOH merupakan suatu senyawa berbentuk cairan, tak berwarna, berbau menyengat, memiliki rasa asam yang tajam dan laurtan dalam air, alcohol, gliserol, dan eter (Hardoyo *et al.*, 2007; Islami, 2022).

Menurut Larasati (2020) asam asetat dihasilkan dari proses metabolisme bakteri yang secara alami terdapat dalam sisa buah dan sayur. Proses fermentasi atau biasa disebut proses metabolisme anaerobic merupakan proses yang berlangsung dalam kondisi anaerobic (tanpa oksigen) yang dilakukan oleh bakteri untuk memperoleh energi dari karbohidrat dengan produk sampingannya berupa alcohol atau asam asetat (tergantung dari jenis mikroorganismenya). Dalam fermentasi alcohol dihasilkan dari fungi dan beberapa jenis bakteri, sedangkan asam asetat dihasilkan dari kebanyakan bakteri. Proses fermentasi ini adalah hasil dari aktivitas enzim yang terkandung di dalam fungi atau bakteri. Alcohol dan asam asetat yang dihasilkan dari proses fermentasi ini memiliki khasiat sebagai desinfektan. Maka, pemanfaatan bahan organik limbah rumah tangga dapat memproduksi asam asetat.

2.6.8 Enzim Biokatalik

Enzim adalah golongan protein yang paling banyak terdapat dalam sel hidup dan mempunyai fungsi penting sebagai katalisator reaksi biokimia yang secara kolektif membentuk metabolisme perantara dari sel (Wijaya, Wahyuni & Asyik, 2017). Huisman (1979) dalam Murni (2018) menyatakan Enzim berperan dalam mengubah laju reaksi, sehingga kecepatan reaksi yang diperlihatkan dapat dijadikan ukuran keaktifan enzim. Satu unit enzim adalah jumlah enzim yang mengkatalis transformasi 1 mikromol substrat dalam 1 menit pada suhu 25°C dan pada pH optimal. Aktivitas enzim bergantung pada konsentrasi substrat, suhu, pH dan inhibitor. Enzim yang memiliki peran penting dalam sel hidup sebagai katalis yaitu enzim hidrolase. Enzim hidrolase adalah enzim yang mampu memutuskan ikatan kimia dengan penambahan air. beberapa contoh enzim hidrolase adalah amilase, protease dan lipase (Voet *et al.*, 2006; Wijaya dkk., 2017).

2.6.8.1 Enzim Amilase

Amilase merupakan enzim yang menghidrolisis molekul pati untuk menghasilkan produk bervariasi, salah satunya yaitu dekstrin (Chung *et al.*, 1997; Wijaya, Wahyuni & Asyik, 2017). Enzim alfa amilase adalah enzim ekstraseluler dan bersifat termostabil yang berfungsi menghidrolisis ikatan 1,4 alfa glikosida pada pati secara acak menghasilkan glukosa, maltose dan unit maltotria. Enzim ini banyak dimanfaatkan dalam bioproses (Rafsen, 2018). Menurut Yasin, Winni & Rahmat (2017), menyatakan bahwa enzim amilase berperan dalam hidrolisis pati menjadi gula sederhana yaitu maltosa ataupun glukosa. Umumnya, proses amilase dalam menghidrolisis pati melalui tiga tahapan yaitu gelatinisasi, liquifikasi dan sakarifikasi.

2.6.8.2 Enzim Lipase

Enzim lipase adalah salah satu enzim yang berperan dalam bioteknologi modern. Lipase dapat berperan sebagai biokatalis untuk reaksi-reaksi hidrolisis, esterifikasi, alkoholisis, asidolisis dan aminolisis. Enzim lipase memiliki cakupan aplikasi yang luas dalam bidang bioteknologi

seperti produksi pestisida, pengolahan limbah, industri makanan (pembuatan roti dan keju), biosensor, detergen, industri kulit, pembuatan kertas, dan industri elektrokimia. Enzim lipase banyak ditemukan dalam berbagai hewan, tanaman, bakteri, kapang dan jamur. Lipase menghidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas, gliserida parsial dan gliserol. Trigleserida sebagai substrat terdiri dari asam lemak rantai panjangnya tidak larut dalam air (Wahyuni *et al.*, 2020).

2.6.8.3 Enzim Protease

Protease merupakan salah satu enzim yang menempati posisi penting dalam bidang industri enzim. Protease merupakan enzim ekstraseluler yang dapat menghidrolisis protein menjadi asam amino dan peptida sederhana. Enzim ini dapat diisolasi dari berbagai sumber seperti tanaman, hewan dan mikroba (Faizah, 2017).

2.7 Jurnal Terkait Penelitian Terdahulu

Tabel 1 Studi terdahulu yang relevan dengan penelitian

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
1	Yeo Yen Chin, Roemah Goenting, Yatib bin Alas dan Pooja Shivanand	From Fruit Waste to <i>Enzymes</i>	2018	Kandungan karbohidrat total ditemukan paling tinggi pada sampel jeruk yang difermentasi ($37,87 \pm 4,7$ mg/ml) diikuti oleh sampel nanas dan pisang, masing-masing $11,98 \pm 1,45$ mg/ml dan $10,60 \pm 0,45$ mg/ml. sampel nanas menunjukkan konsentrasi gula pereduksi tertinggi ($11,93$ mg/ml pada minggu ke-2 dan $3,31$ mg/ml setelah 3 bulan). Uji enzim menunjukkan bahwa buah jeruk menghasilkan aktivitas enzim yang tinggi seperti protease ($0,129$ u/ml), -amilase ($7,261 \pm 0,83$ u/ml) dan selulase ($0,514 \pm 0,03$ u/ml). Produk fermentasi limbah dapur sangat ekonomis karena menggunakan bahan baku yang murah, bebas bahan kimia tambahan sehingga ramah lingkungan.	<i>Scientia Bruneiana</i>
2	Destyana Larasati, Andari Puji Astuti dan Endang Triwahyuni Maharani	Uji Organoleptik Produk <i>Eco-Enzyme</i> dari Limbah Kulit Buah (Studi Kasus di Kota Semarang)	2020	Hasil uji organoleptik, karakteristik dari produk <i>eco-enzyme</i> seperti; Aroma yang dihasilkan memiliki aroma asam khas kecuali variabel 5 yang memiliki aroma tidak sedap. Warna pada semua produk <i>eco-enzyme</i> mengalami perubahan warna menjadi coklat tua, sedangkan volume produk yang dihasilkan untuk variabel 1,3 dan 5 mengalami penambahan dan variabel 2 dan 4 mengalami penurunan.	Seminar Nasional Edusainstek, FMIPA UNIMUS

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
3	Lapsia Vama dan Makarand N. Cheekar	Reduction, Extraction and Uses of <i>Eco-Enzyme</i> using Citrus Fruit Waste: Wealth from Waste	2020	Ecoenzim yang dihasilkan menggunakan kulit buah, air dan gula merah dengan perbandingan 3:10:1. Setelah inkubasi filtrate diperoleh, bahwa adanya flavonoid, alkaloid, kuinon, saponin sebagai kehadiran metabolit yang berbeda. Spectrum IR-nya menunjukkan adanya gugus -OH, COOH. Juga amilase, protease dan lipase ditemukan dalam filtrate. Ditemukan penerapan ekoenzim sebagai pembersih lantai, peralatan, berkebun, dan lain-lain.	<i>Asian Jr. of Microbiol. Biotech. Env.Sc</i>
4	Supriyani, Andari Puji Astuti, dan Endang Triwahyuni Maharani	Pengaruh Variasi Gula terhadap Produksi Ekoenzim Menggunakan Limbah Buah dan Sayur	2020	Ekoenzim yang menggunakan gula putih menghasilkan ekoenzim dengan jumlah volume sedikit yaitu 110 ml yang persentase volume ekoenzim terhadap kadar air mula-mula adalah 22%. Sedangkan ekoenzim yang menggunakan gula merah menghasilkan ekoenzim dengan jumlah lebih banyak yaitu 830 ml dan persentase volume ekoenzim terhadap kadar air mula-mula adalah 116%.	Seminar Nasional Edusainstek, FMIPA UNIMUS
5	Yujie Tong dan Bingguang Liu	Test Research of Different Material Made Garbage <i>Enzyme's</i> Effect to Soil Total Nitrogen and Organik Matter	2020	<i>Eco enzyme</i> secara bertahap meningkatkan nitrogen total tanah dan bahan organik dengan bertambahnya waktu irigasi. Nitrogen total sampel tanah kulit apel, kulit naga dan terong mulai meningkat secara bertahap dan masing-masing mencapai puncaknya pada 3,17 g/kg, 4,13 g/kg dan 4,27 g/kg setelah pengairan 4 minggu. Kandungan nitrogen total tergolong tingkat pertama (>0,20 g/kg). Setelah 4 minggu irigasi pengenceran <i>eco enzyme</i> dari sampah kulit terong, bahan organik mulai meningkat.	<i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i>

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
6	Muninggar Vika S, Andari Puji Astuti dan Endang Triwahyuni Maharani	Perbandingan Uji Organoleptik pada Delapan Variabel Produk Ekoenzim	2020	Pada uji organoleptik variabel 1 menghasilkan warna coklat bening dan variabel 4 menghasilkan warna coklat kekuningan keruh. Aroma rata-rata produk ekoenzim saat panen menghasilkan bau asam yang khas. Sedangkan kadar air tertinggi yang dihasilkan adalah 100% atau sebanyak 500 ml dan kadar air terendah yaitu 72% atau sebanyak 360 ml.	Seminar Nasional Edusainstek, FMIPA UNIMUS
7	Imam Abu Hanifah, Ni Putu Vidya Primarista, Sasangka Prasetyawan, Anna Safitri, Tri Adyati dan Ari Srihadyastutie	The Effect of Variations in Sugar Types and Fermentation Time on <i>Enzyme</i> Activity and Total Titrated Acid on Eco- <i>Enzyme</i> Results of Fermentation	2021	Produk fermentasi menunjukkan bahwa aktivitas lipase pada penggunaan gula putih dan gula merah kelapa menurun seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Sedangkan molases terus meningkat dengan aktivitas enzim optimum pada bulan ketiga 20,33 U/ml. Persentase total asam yang dititrasi pada gula putih dan molases lebih tinggi dibandingkan dengan gula kelapa merah.	<i>Advances in Biological Sciences Research</i>
8	Nur Faidah Munir, Sriwati Malle dan Nurul Huda	Karakteristik Fisiokimia Ekoenzim Limbah Kulit Jeruk Pamelos (<i>Citrus maxima (Burm) Merr.</i>) dengan Variasi Gula	2021	Nilai pH tertinggi pada perlakuan A1 sebesar 4,35 dan terendah pada perlakuan A3 sebesar 4,05. Sedangkan kadar alkohol tertinggi terdapat pada perlakuan A2 sebesar 4,56% dan terendah pada perlakuan A3 sebesar 3,40%. Penambahan variasi gula memberikan pengaruh yang nyata pada pembuatan ekoenzim limbah kulit jeruk pamelos.	Seminar Nasional Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan
9	Rusdianasari, Andi Syakdani, Muhammad Zaman, Febby Fitria Saru, Nabila Putri Nasya dan Rizka Amalia	Utilization of Eco- <i>Enzymes</i> from Fruit Skin Waste as Hand Sanitizer	2021	Lama fermentasi mempengaruhi warna, aroma dan pH. Cairan ekoenzim memiliki kandungan alkohol dan asam asetat yang dihasilkan dari proses metabolisme bakteri. Nilai ekoenzim yang diperoleh dengan lama fermentasi 2,5 bulan adalah 3, sedangkan nilai pH pada lama fermentasi 3 bulan adalah 1,5.	<i>Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment (AJARCDE)</i>

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
10	Afika Nazurahani, Ribka Novita C. Pasaribu dan Ayu Putri Ningsih	Pembuatan Ecoenzym sebagai Upaya Pengolahan Limbah Rumah Tangga	2022	Karakteristik warna produk <i>eco-enzyme</i> mengalami perubahan yang semula berwarna coklat bening (warna asal larutan gula aren) berubah menjadi berwarna coklat pekat. Pada volume produk <i>eco-enzyme</i> , mengalami penambahan volume. Penambahan volume produk dikarenakan kadar air dari masing-masing kulit buah yang berbeda.	Jurnal Pendidikan Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam Indonesia (JPPIPAI)
11	Rivo Yulse Viza	Uji Organoleptik <i>Eco-Enzyme</i> dari Limbah Kulit Buah	2022	Produk ekoenzim yang dihasilkan memiliki aroma asam yang segar, berwarna coklat dengan tingkat kepekatan warna yang berbeda-beda, mulai dari coklat muda, coklat kekuningan sampai coklat tua. Volume produk ekoenzim setelah proses fermentasi selama 3 bulan memperlihatkan bahwa variabel 1 dan 3 mengalami kenaikan volume menjadi 133%, sedangkan pada variabel 3 terjadi pengurangan volume produk menjadi 86%. Kadar pH tertinggi yaitu pada variabel 4 (2,8).	<i>Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains</i>