

SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan oleh:

**EVA WANSI DELITA
D131 18 1012**



**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 GULA KELAPA**

Disusun dan diajukan oleh:

**EVA WANSI DELITA
D131 18 1012**



**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 GULA KELAPA

Disusun dan diajukan oleh

Eva Wansi Delita
D131181012

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 14 Maret 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc.
NIP 194306122018016000

Nurjannah Oktorina, S.T., M.T.
NIP 199210242019016001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Eva Wansi Delita
NIM : D131181012
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 Gula Kelapa }

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 mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat 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, 11 Maret 2023

Yang Menyatakan

A 10,000 Indonesian postage stamp is shown, featuring a red and yellow design with the Garuda Pancasila emblem. The stamp is partially obscured by a black ink signature. The text on the stamp includes '10000', 'METRAL TEMPEL', and a serial number '7E1AKX349905782'.

Eva Wansi Delita
D131181012

ABSTRAK

EVA WANSI DELITA. IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK ECO ENZYME DARI BAHAN ORGANIK KULIT BUAH DENGAN VARIASI GULA AREN DAN GULA KELAPA (dibimbing oleh Mary Selintung dan Nurjannah Oktorina Abdullah)

Eco enzyme merupakan salah satu bentuk upaya pengelolaan sampah organik yang kreatif dan ramah lingkungan. *Eco enzyme* merupakan larutan hasil fermentasi sisa sampah organik berupa kulit buah maupun sayuran, dengan substrat gula, dan air yang memiliki segudang manfaat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan karakteristik *eco enzyme* berbahan organik kulit buah dengan variasi gula aren dan gula kelapa berdasarkan parameter yang ditentukan kemudian menganalisis kembali kaitan antara hasil uji karakteristik terhadap manfaat dari *eco enzyme*.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimental dan metode kualitatif berupa riset pengembangan teori. Penelitian ini terdiri dari 2 (dua) jenis sampel yaitu gula aren dan gula kelapa dengan 3 (tiga) kali pengulangan tiap jenis sampelnya dan difermentasi selama 3 bulan. Karakteristik *eco enzyme* yang diuji yaitu terdiri parameter pH, uji organoleptik (bau dan warna), kalsium, fosfor, klorin, asam asetat, aktivitas enzim amilase, protease dan lipase.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *eco enzyme* berbahan organik kulit buah dengan variasi gula kelapa menghasilkan kandungan asam asetat, fosfor, kalsium, aktivitas enzim lipase dan aktivitas enzim protease serta volume akhir larutan yang lebih tinggi kadarnya, sedangkan *eco enzyme* berbahan organik kulit buah dengan variasi gula aren menghasilkan aktivitas enzim amilase, pH dan klorin yang lebih tinggi. Berdasarkan hasil karakteristik *eco enzyme* yang diperoleh larutan *eco enzyme* dari gula kelapa pemanfaatannya direkomendasikan dalam bidang pertanian sebagai pupuk organik sedangkan *eco enzyme* dari gula kelapa direkomendasikan sebagai cairan pembersih (desinfektan) dan deterjen alami.

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

ABSTRACT

EVA WANSI DELITA. *IDENTIFICATION OF ECO ENZYME CHARACTERISTICS FROM ORGANIC FRUIT SKINS WITH VARIATIONS OF PALM SUGAR AND COCONUT SUGAR* (supervised by Mary Selintung dan Nurjannah Oktorina Abdullah)

Eco Enzyme is a form of creative and environmentally friendly organic waste management efforts. Eco Enzyme is a solution of fermentation from the remaining organic waste in the form of fruit or vegetable skin, with sugar substrates, and water that has a myriad of benefits.

This study aims to analyze and compare the characteristics of eco enzymes made from organic skin of fruit skin with variations of palm sugar and coconut sugar based on the specified parameters and then analyze the link between the characteristics test results to the benefits of the Eco Enzyme.

The method used in this study is a quantitative method with an experimental approach and qualitative methods in the form of research development research. This study consists of 2 (two) types of samples, namely palm sugar and coconut sugar with 3 (three) times the repetition of each type of sample and fermented for 3 months. Characteristics of the Eco Enzyme tested consist of pH parameters, organoleptic tests (odors and colors), calcium, phosphorus, chlorine, acetic acid, amylase enzyme activity, protease and lipase.

The results showed that eco enzyme made from organic fruit peels with a variation of coconut sugar produced a higher content of acetic acid, phosphorus, calcium, lipase enzyme activity and protease enzyme activity and the final volume of the solution, while eco enzyme made from organic fruit peels with palm sugar variations resulting in amylase enzyme activity, higher pH and chlorine. Based on the results of eco enzyme characteristics obtained from coconut sugar, eco enzyme solution is recommended for use in agriculture as an organic fertilizer, while eco enzyme from coconut sugar is recommended as a cleaning fluid (disinfectant) and natural detergent.

Keywords: *Eco enzyme*, Coconut Sugar, Palm Sugar, Fruit Peel

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
KATA PENGANTAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pengertian <i>Eco Enzyme</i>	7
2.2 Sejarah <i>Eco Enzyme</i>	7
2.3 Manfaat <i>Eco Enzyme</i>	8
2.3.1 Bidang kesehatan	8
2.3.2 Bidang kecantikan	9
2.3.3 Bidang pertanian	9
2.3.4 Keperluan rumah tangga	10
2.3.5 Bidang lingkungan	10
2.4 Bahan Pembuatan <i>Eco Enzyme</i>	10
2.4.1 Bahan organik (sisa kulit buah atau sayur)	10
2.4.2 Gula	11
2.4.3 Air	11

2.4.4 Wadah	11
2.5 Pembuatan <i>Eco Enzyme</i>	12
2.6 Fermentasi <i>Eco Enzyme</i>	13
2.6.1 Tahap hidrolisis	13
2.6.2 Tahap asidogenesis	14
2.6.3 Tahap asetogenesis	14
2.6.4 Tahap metanogenesis	14
2.7 Gula Aren dan Gula Kelapa	15
2.7.1 Gula aren	16
2.7.2 Gula kelapa	16
2.8 Bahan Organik Kulit Buah	17
2.8.1 Jeruk (<i>Citrus sp</i>)	18
2.8.2 Nanas (<i>Ananas comosus l.</i>)	18
2.8.3 Pepaya (<i>Carica papaya</i>)	19
2.8.4 Mangga (<i>Mangifera indica</i>)	20
2.8.5 Semangka (<i>Citrullus lanatus</i>)	20
2.8.6 Buah naga (<i>Hylocereus polyrhizus</i>)	21
2.8.7 Pisang (<i>Musa paradisiaca</i>)	22
2.8.8 Apel (<i>Malus domestica</i>)	22
2.9 Parameter Uji <i>Eco enzyme</i>	23
2.9.1 pH (<i>Power of Hydrogen</i>)	23
2.9.2 Uji Organoleptik	24
2.9.3 Asam asetat	25
2.9.4 Klorin (Cl ⁻)	26
2.9.5 Fosfor (P)	26
2.9.6 Kalsium (Ca)	27
2.9.7 Enzim biokatalik	27
2.10 Jurnal Terkait Penelitian Terdahulu	29
2.11 Kerangka Berpikir	36
BAB III METODE PENELITIAN	37
3.1 Diagram Alir Penelitian	37
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	38

3.3 Rancangan Penelitian	39
3.3.1 Variabel bebas	39
3.3.2 Variabel terikat	39
3.3.3 Variabel kontrol	40
3.4 Matriks Penelitian	40
3.5 Bahan dan Alat	41
3.5.1 Bahan	41
3.5.2 Alat	41
3.6 Populasi dan Sampel	42
3.7 Pelaksanaan Penelitian	42
3.7.1 Perencanaan desain wadah <i>eco enzyme</i>	42
3.7.2 Tahap persiapan eksperimen	43
3.7.3 Tahap pembuatan <i>eco enzyme</i>	46
3.7.4 Tahap pengujian karakteristik <i>eco enzyme</i>	48
3.8 Teknik Pengumpulan Data	54
3.9 Teknik Analisis	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Karakteristik <i>Eco Enzyme</i>	55
4.1.1 Analisis karakteristik <i>eco enzyme</i> dari gula aren	55
4.1.2 Analisis karakteristik <i>eco enzyme</i> dari gula kelapa	69
4.2 Perbandingan Penggunaan Jenis Gula pada <i>Eco enzyme</i>	84
4.2.1 Analisis <i>power of hidrogen</i> (pH)	84
4.2.2 Karakteristik fisik	86
4.2.3 Analisis asam asetat	90
4.2.4 Analisis fosfor	92
4.2.5 Analisis kalsium	95
4.2.6 Analisis klorin	97
4.2.7 Analisis aktivitas enzim amilase	99
4.2.8 Analisis aktivitas enzim lipase	101
4.2.9 Analisis aktivitas enzim protease	102
4.2.10 Analisis volume dan kadar air	104
4.3 Analisis Manfaat <i>Eco enzyme</i>	107

4.3.1 Bidang Pertanian	108
4.3.2 Keperluan Rumah Tangga	113
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	115
5.1 Kesimpulan	115
5.2 Saran	115
DAFTAR PUSTAKA	117
LAMPIRAN	124

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Pembuatan <i>eco enzyme</i>	13
Gambar 2 Kerangka berpikir	36
Gambar 3 Diagram alir penelitian	38
Gambar 4 Ilustrasi wadah fermentasi <i>eco enzyme</i>	43
Gambar 5 Pembuatan fermentasi wadah <i>eco enzyme</i>	44
Gambar 6 Wadah fermentasi <i>eco enzyme</i>	44
Gambar 7. Diagram alir prosedur pembuatan <i>eco enzyme</i>	46
Gambar 8 <i>Eco enzyme</i> dari kulit buah dan gula kelapa	47
Gambar 9 <i>Eco enzyme</i> dari kulit buah dan gula aren	48
Gambar 10 Hasil Uji Warna <i>Eco enzyme</i> dari Gula Aren	58
Gambar 11 Hasil uji warna <i>eco enzyme</i> dari gula kelapa	72
Gambar 12 Grafik perbandingan hasil analisis pH <i>eco enzyme</i>	84
Gambar 13 Perbandingan Hasil Uji Warna <i>Eco enzyme</i>	88
Gambar 14 Histogram perbandingan hasil analisis asam asetat <i>eco enzyme</i>	90
Gambar 15 Histogram perbandingan hasil analisis kadar fosfor <i>eco enzyme</i>	93
Gambar 16 Histogram perbandingan hasil analisis kadar kalsium <i>eco enzyme</i>	95
Gambar 17 Histogram perbandingan hasil analisis kadar klorin <i>eco enzyme</i>	97
Gambar 18 Histogram perbandingan hasil analisis enzim amilase <i>eco enzyme</i>	99
Gambar 19 Histogram perbandingan hasil analisis enzim lipase <i>eco enzyme</i>	101
Gambar 20 Histogram perbandingan hasil analisis enzim protease <i>eco enzyme</i>	103
Gambar 21 Volume perbandingan hasil larutan <i>eco enzyme</i>	105
Gambar 22 Persentase perbandingan volume larutan <i>eco enzyme</i>	106
Gambar 23 Kurva Kalibrasi Fosfor	140
Gambar 24 Kurva Kalibrasi Enzim Amilase	141
Gambar 25 Kurva Kalibrasi Enzim Protease	143

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Komposisi kimia gula aren dan gula kelapa (per 100 gram)	17
Tabel 2 Studi terdahulu yang relevan dengan penelitian	30
Tabel 3 Matriks Penelitian	40
Tabel 4 Formula bahan pembuatan <i>eco enzyme</i>	45
Tabel 5 Metode pengujian sampel	48
Tabel 6 Hasil pengujian pH <i>eco enzyme</i> dari gula aren	56
Tabel 7 Hasil uji warna <i>eco enzyme</i> dari gula aren	57
Tabel 8 Hasil uji aroma <i>eco enzyme</i> dari gula aren	58
Tabel 9 Hasil uji asam asetat <i>eco enzyme</i> dari gula aren	59
Tabel 10 Hasil uji fosfor <i>eco enzyme</i> dari gula aren	60
Tabel 11. Hasil uji klorin <i>eco enzyme</i> dari gula aren	62
Tabel 12 Hasil uji kalsium <i>eco enzyme</i> dari gula aren	63
Tabel 13 Hasil pengujian aktivitas enzim amilase gula aren	64
Tabel 14 Hasil pengujian aktivitas enzim lipase gula aren	66
Tabel 15 Hasil pengujian aktivitas enzim protease gula aren	68
Tabel 16 Hasil pengujian pH <i>eco enzyme</i> dari gula kelapa	70
Tabel 17. Hasil uji warna <i>eco enzyme</i> dari gula kelapa	71
Tabel 18 Hasil uji aroma <i>eco enzyme</i> dari gula kelapa	73
Tabel 19 Hasil uji asam asetat <i>eco enzyme</i> dari gula kelapa	74
Tabel 20 Hasil uji fosfor <i>eco enzyme</i> dari gula kelapa	75
Tabel 21 Hasil uji klorin <i>eco enzyme</i> dari gula kelapa	76
Tabel 22. Hasil uji kalsium <i>eco enzyme</i> dari gula kelapa	77
Tabel 23 Hasil pengujian aktivitas enzim amilase gula kelapa	79
Tabel 24 Hasil pengujian aktivitas enzim lipase gula kelapa	80
Tabel 25 Hasil pengujian aktivitas enzim protease gula kelapa	82
Tabel 26 Perbandingan warna <i>eco enzyme</i> untuk variasi jenis gula	87
Tabel 27 Perbandingan aroma <i>eco enzyme</i> untuk variasi jenis gula	89
Tabel 28 Rekapitulasi identifikasi karakteristik <i>eco enzyme</i>	108
Tabel 29 Perhitungan analisis regresi parameter fosfor	139
Tabel 30 Perhitungan analisis regresi parameter enzim amilase	140
Tabel 31 Perhitungan analisis regresi parameter enzim protease	142

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
AgNO ₃	Perak Nitrat
Ca	Kalsium
Cd	Kadmium
C ₆ H ₁₂ O ₆	Glukosa
CO ₃	Karbon Trioksida
CO ₂	Karbondioksida
Cl	Klorin
CH ₃ COO	Asam Asetat
CH ₃ CH ₂ OH	Etanol
CH ₃ CH ₂ COO ⁻	Asam Propionat
CH ₄	Metana
Cu	Tembaga
Fe	Besi
GAB	Gula Aren Buah
GKB	Gula Kelapa Buah
HCL	Asam Klorida
K ₂ CrO ₄	Kalium Kromat
N ₂ O	Nitrogen Oksida
N	Nitrat
Na	Natrium
NaCL	Natrium Klorida
O ₃	Ozon
pH	<i>Power of Hydrogen</i>
SNI	Standar Nasional Indonesia
TCA	<i>trichloroacetic acid</i>
USDA	United State Departement of Agritural
Zn	Seng

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian dari Laboratorium	125
Lampiran 2 Dokumentasi Kegiatan	130
Lampiran 3 Kurva Kalibrasi Pengujian Spektrofotometri	139
Lampiran 4 Prosedur Pengujian Karakteristik <i>Eco enzyme</i>	144

KATA PENGANTAR

Segala uji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Identifikasi Karakteristik *Eco Enzyme* dari Bahan Organik Kulit Buah dengan Variasi Gula Aren dan Gula Kelapa** “

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk kelulusan pada jenjang Strata-I (S1) Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Tentunya selama penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari banyak kesulitan yang dihadapi, namun atas berkat kerja keras, bimbingan, nasehat, doa dari segala pihak, serta bantuan baik secara moril maupun materil sehingga membuat penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa memberikan kekuatan, kesabaran, keikhlasan dan jalan keluar dari segala kesulitan dan cobaan yang penulis hadapi, Orang tua penulis yakni Dra. Debora Limbong dan Misi Tarampak yang senantiasa mendukung, mendoakan, memberi nasehat dan semangat kepada penulis, Adik-adik tercinta dan keluarga penulis yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Pada kesempatan ini, penulis juga menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr.Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Prof. Baharuddin Hamzah, S,T., M.T., M.Arch., selaku Wakil Dekan 1 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc., selaku pembimbing pertama yang mendukung, memberikan masukan dan memperhatikan perkembangan penulis selama menyelesaikan tugas akhir.

6. Nurjannah Oktorina Abdullah, S.T., M.T., selaku pembimbing kedua yang senantiasa meluangkan waktu, membimbing dan memperhatikan perkembangan penulis selama menyelesaikan tugas akhir.
7. Seluruh Bapak/Ibu dosen Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu dan masukan terhadap tugas akhir ini.
8. Pak Syarif selaku laboran Laboratorium Kualitas Air yang membantu penulis, memberikan bimbingan dan arahan selama penelitian dilakukan di Laboratorium.
9. Seluruh Staf dan Karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin terkhusus Ibu Sumi, Pak Olan, dan Kak Tami yang telah banyak membantu penulis dalam proses administrasi.
10. Patner penelitian Suarni, Linda Karlita, dan Aulia Kirana yang sudah banyak membantu dan berjuang dari awal pembuatan *eco enzyme*, pengujian di lab hingga tugas akhir ini selesai, tempat bertukar pendapat, menghibur, memberi tawa dan dukungan semangat dalam penyusunan tugas akhir.
11. Patner Kerja Praktek Era Fazirah, Waode Elsa Ferora, dan Athilla Naufal Hastar yang senantiasa membantu dan memberi dukungan semangat kepada penulis.
12. Teman-teman Lab Riset Kualitas Air yang tergabung dalam grup Pengendali Air yang senantiasa membantu, menghibur dan memberikan semangat kepada penulis.
13. Teman – Teman Teknik Lingkungan 2018 yang selalu berbagi suka, duka dan kerecehannya selama penulis menjalani perkuliahan.
14. Para penghuni Kost Rafa khususnya Nuraisyah, Era, Suarni, Elsa, Nilam, Nadya, Nilam, Dania, Masindar dan Rani tempat berkumpul, bertukar pendapat, dan rehat sejenak penulis
15. Teman-teman asisten Laboratorium Kualitas Air yang selalu membantu, memberikan semangat, dan berbagi ilmu
16. Teman-teman TRANSISI 2019 untuk dukungan dan doanya
17. Dan semua pihak yang turut membantu dalam pengumpulan data dan penyusunan laporan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Namun tidak lepas dari semua itu, penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan memiliki kekurangan, oleh karena itu dengan lapang dada dan tangan terbuka penulis membuka selebar-lebarnya bagi pembaca yang ingin memberi saran dan kritik yang membangun, untuk memperbaiki kekurangan dari tugas akhir ini sehingga dapat menjadi lebih baik kedepannya.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dalam perkembangan bidang ilmu dan pengetahuan dengan memberikan edukasi terhadap pembaca dan bisa dijadikan sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.

Gowa, 11 Maret 2023

Penyusun

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan sampah adalah suatu persoalan yang dianggap cukup serius tidak hanya di Indonesia namun di seluruh dunia, hal ini karena produksi sampah yang terus menerus meningkat sepanjang tahun seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan perubahan gaya hidup masyarakat. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), total produksi sampah di Indonesia sendiri tahun 2020 mencapai 67,8 juta ton dari total sampah nasional atau per hari rata-rata 0,68 kg sampah untuk setiap orang. Berdasarkan data tersebut penyumbang penumpukan sampah terbesar adalah limbah rumah tangga yaitu sekitar 62 % dimana komposisi utama penyusun limbah rumah tangga tersebut adalah sampah sisa makanan atau limbah pengolahan pangan yang biasa disebut sebagai sampah organik yaitu sekitar 44 % (Anonim, 2020).

Sampah organik merupakan sisa dari buangan atau makhluk hidup yang dapat terurai secara alami serta dapat dimanfaatkan kembali melalui suatu pengolahan yang baik dan benar. Sampah organik dapat berasal dari sisa makanan, limbah sayuran, kulit buah-buahan, daun kering dan sebagainya (Rusdianasari dkk, 2021). Salah satu sampah organik yang banyak di temukan di Indonesia adalah limbah organik kulit buah. Menurut Rusman (2019) limbah organik berupa kulit buah, sebanyak 50% hanya dibuang dan tidak termanfaatkan lagi setelah isinya diambil atau dikonsumsi. Sampah organik tersebut hanya dibuang begitu saja tanpa melalui pengelolaan terlebih dahulu, sehingga menimbulkan aroma yang kurang sedap dan berpotensi mencemari lingkungan.

Pengelolaan sampah organik di Indonesia dapat dikatakan masih tergolong rendah, hal ini dikarenakan masyarakat yang cenderung memilih untuk membakar sampah. Berdasarkan Badan Pusat Statistik 2018, tercatat 66,8 % jumlah rumah tangga yang melakukan pembakaran sampah sedangkan 1,2 % yang melakukan daur ulang sampah rumah tangga. Salah satu cara pengelolaan sampah organik sehingga jumlah timbulan sampah dan persentase pembakaran sampah di Indonesia berkurang yaitu dengan cara mendaur ulang sampah organik tersebut. Hal ini

karena bahan-bahan organik pada sampah organik memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan kembali menjadi barang yang berguna dan mempunyai nilai ekonomi yang cukup tinggi. Dengan mendaur ulang sampah organik juga akan mengurangi beban pada TPA dan mencegah resiko terjadinya ledakan pada TPA akibat pembusukan sampah organik yang menghasilkan gas metana.

Salah satu bentuk pengelolaan sampah organik yang kreatif dan ramah lingkungan yaitu melalui pembuatan *eco enzyme*. *Eco enzyme* merupakan ekstrak cairan kompleks hasil fermentasi sisa sampah organik berupa kulit buah maupun sayuran, dengan substrat gula, dan air. *Eco enzyme* ini pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Rosukon Poompanvong yang merupakan pendiri Asosiasi Pertanian Organik Thailand yang telah menekuni tentang *eco enzyme* selama lebih dari 30 tahun (Tong & Liu, 2020). Adapun pada pembuatan *eco enzyme* terdapat perbandingan 10 : 3 : 1 dimana air : sampah organik : substrat berupa gula dengan waktu fermentasi selama minimal 3 bulan dan membutuhkan pengecekan berkala.

Eco enzyme merupakan cairan multifungsi yang memiliki beberapa kelebihan diantaranya dalam proses fermentasinya tidak membutuhkan lahan yang luas ataupun bak dengan spesifikasi tertentu. Selain itu pembuatan *eco enzyme* sangat mendukung konsep *reuse* (daur ulang) karena dapat memanfaatkan wadah yang sudah tidak digunakan lagi sebagai wadah fermentasi seperti botol bekas air mineral maupun bekas produk lain (Supriyani dkk, 2020). Pembuatan dan penggunaan *eco enzyme* ini lebih disukai oleh masyarakat karena lebih mudah dan murah (Harahap dkk, 2021). Cairan *eco enzyme* ini memiliki banyak manfaat diantaranya, dapat bertindak sebagai agen anti jamur, anti bakteri maupun insektisida serta dapat digunakan sebagai bahan pembersih atau desinfektan bahkan menyembuhkan luka (Rusdianasari, 2021). *Eco enzyme* juga dapat digunakan untuk berbagai aplikasi seperti pupuk tanaman, dapat pula menurunkan konsentrasi zat pencemar pada air limbah serta sebagai pelestari lingkungan sekitar karena *eco enzyme* dapat menetralkan berbagai polutan yang mencemari lingkungan (Rochyani, 2020).

Berdasarkan uraian diatas, dimana *eco enzyme* yang kaya akan manfaat dirasa perlu dilakukan penelitian ilmiah lebih lanjut mengenai “Identifikasi Karakteristik *Eco enzyme* dari Bahan Organik Kulit Buah dengan Variasi Gula Aren dan Gula Kelapa” dalam skala laboratorium. Hal ini karena manfaat *eco enzyme* yang

dijelaskan diatas hanya merupakan testimoni belaka tanpa penelitian ilmiah lebih lanjut mengenai kandungan atau parameter yang ada dalam *eco enzyme* beserta kadarnya sehingga menghasilkan cairan yang multifungsi. Penelitian ini menggunakan bahan organik kulit buah dikarenakan sebagian besar sampah organik berasal dari kulit buah dan mudah untuk diperoleh setiap hari. Perbedaan dan variasi pada bahan baku tentunya akan memberikan efek yang berbeda pula pada hasil yang di peroleh oleh karena itu kulit buah yang digunakan dipilih dari bermacam-macam buah dengan dengan pertimbangan buah yang masih segar untuk memperoleh hasil *eco enzyme* yang baik. Adapun substrat yang dipilih yaitu dengan menggunakan variasi gula aren dan gula kelapa karena jenis gula tersebut tentunya memiliki komposisi yang berbeda sehingga menghasilkan kadar dan karakteristik yang berbeda pula pada *eco enzyme*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis karakteristik *eco enzyme* berbahan organik kulit buah dengan variasi gula aren dan gula kelapa?
2. Bagaimana perbandingan hasil uji karakteristik antara *eco enzyme* berbahan organik kulit buah dengan variasi gula aren dan gula kelapa?
3. Bagaimana kaitan antara hasil uji karakteristik *eco enzyme* terhadap manfaat dari *eco enzyme*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

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

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Bagi Departemen Teknik Lingkungan

Melalui penelitian tugas akhir ini diharapkan pihak instansi pendidikan khususnya Departemen Teknik Lingkungan dapat dijadikan sebagai referensi dan acuan guna meningkatkan kualitas penelitian selanjutnya ke arah yang lebih baik khususnya di bidang konsentrasi kualitas air dalam mengerjakan tugas, pembuatan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan praktikum serta penyelesaian tugas akhir

2. Manfaat Bagi Masyarakat

Memberikan pengetahuan kepada masyarakat terkait pengolahan sampah organik yang kreatif dan dapat menghasilkan nilai ekonomi dengan harapan masyarakat akan sadar tentang pentingnya pengolahan sampah organik dan pengurangan akan timbulan sampah organik dapat tercapai. Selain itu masyarakat diharapkan semakin tergerak untuk semakin peduli terhadap lingkungan hidup melalui pembuatan dan pemakaian *eco enzyme*, karena dengan memahami dan melakukan pembuatan *eco enzyme* masyarakat secara langsung telah berkontribusi menjaga kelestarian lingkungan.

3. Manfaat Bagi Peneliti

Merupakan suatu kewajiban dari Tri Dharma perguruan tinggi dalam menyelenggarakan penelitian sebagai syarat mahasiswa dalam penyelesaian studi sarjana untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin serta merupakan wujud dari praktik kegiatan pembelajaran dan pengembangan ilmu pengetahuan yang telah didapatkan yang kelak akan berguna jika ingin melakukan penelitian lanjutan mengenai *eco enzyme*.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian merupakan batasan masalah yang diteliti dengan tujuan agar penelitian terfokus dan sistematis. Adapun pada penelitian ini agar tujuan yang diharapkan dapat tercapai dan dapat berjalan dengan efektif, maka

perlu dibuat batasan-batasan berupa ruang lingkup yang mencakup sebagai berikut:

1. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental skala laboratorium.
2. Bahan yang digunakan dalam pembuatan *eco enzyme* berupa kulit buah dari delapan jenis buah yaitu pisang kepok, pepaya, semangka, nanas, apel, jeruk manis, mangga, dan buah naga merah, variasi gula berupa gula aren dan gula kelapa, dan air dengan perbandingan bahan organik:gula:air yaitu 3:1:10.
3. Proses fermentasi *eco enzyme* dilakukan selama 3 bulan.
4. Pengukuran pH (*Power of Hydrogen*) yang dilakukan setiap minggu dan pengujian organoleptic (warna dan bau) yang dilakukan pada awal dan akhir fermentasi
5. Pengujian karakteristik untuk tiap parameter (klor, fosfor, kalsium, asam asetat) dan 3 *enzyme* biokatalik (amilase, lipase dan protease) dilakukan setelah proses fermentasi *eco enzyme*.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab yang mencakup lingkup bahasan tersendiri. Adapun sistematika penulisan untuk mendapatkan arah dan gambaran penelitian ini sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, dasar pemikiran perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang referensi, acuan yang relevan, asli dan menguraikan teori-teori umum yang mendasar pada 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 pada penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai kerangka berpikir penelitian, ruang lingkup, metode pengumpulan data, dan metode analisis data yang digunakan pada penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai hasil yang didapatkan dari penelitian terkait masalah yang diteliti. Pada bab ini data yang dikumpulkan akan disajikan dan dianalisis untuk mendapatkan jawaban dari masalah yang diteliti.

BAB V PENUTUP

Bab ini mencakup penarikan kesimpulan dari data-data hasil penelitian beserta saran terkait dengan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Eco Enzyme*

Eco enzyme merupakan larutan organik yang dihasilkan dari fermentasi sederhana limbah sayuran maupun kulit buah, dengan menggunakan substrat gula merah maupun *molasses* dan air. Larutan *eco enzyme* menghasilkan aroma fermentasi yang kuat yaitu asam manis segar dengan karakteristik warna coklat pekat hingga keemasan (Hemalatha dan Visantini, 2020). Namun perubahan warna pada *eco enzyme* tersebut tergantung pada bahan organik sebagai bahan baku fermentasi yang digunakan (Rocyani dkk, 2020). Pada pembuatan *eco enzyme* terdapat ciri khas yaitu perbandingan 10 : 3 : 1 dimana air : sampah organik : substrat berupa gula dengan waktu fermentasi selama minimal 3 bulan dan membutuhkan pengecekan secara berkala (Deepak *et al*, 2019). Selain itu *eco enzyme* memiliki beberapa keistimewaan diantaranya dalam proses pembuatan dan fermentasinya tidak memerlukan lahan yang luas maupun bak dengan spesifikasi tertentu namun dapat memanfaatkan botol-botol bekas air mineral maupun bekas produk lain yang sudah tidak digunakan lagi, dapat dimanfaatkan sebagai wadah fermentasi (Supriyani dkk, 2020). Hal tersebut tentunya merupakan salah satu upaya daur ulang sampah dalam rangka menyelamatkan lingkungan. Adapun keistimewaan lain dari *eco enzyme* ini yaitu pada proses pembuatannya yang mudah dan murah serta alat dan bahan yang digunakan dapat diperoleh setiap hari.

2.2 Sejarah *Eco Enzyme*

Menurut (Rochyani dkk, 2020) sejarah di temukannya *eco enzyme* bermula dari penemuan Dr. Rosukon Poompoanvong pada tahun 1980. Dr Rosukan Poompoanvong adalah pendiri Asosiasi Pertanian Organik Thailand (*Organic Agriculture Association of Thailand*) dimana beliau telah aktif meneliti tentang *eco enzyme* selama lebih dari 30 tahun. Adapun tujuan awal Dr. Rosukan Poompoanvong menciptakan *eco enzyme* ini adalah sebagai upaya dalam mengurangi pemanasan global dan limbah rumah tangga. Inovasi *eco enzyme* mampu menghasilkan produk yang bermutu namun ramah lingkungan sehingga

dari usaha dan inovasi ini beliau mendapatkan sebuah penghargaan oleh FAO Regional Thailand pada tahun 2003. Keberhasilan Dr. Rosukon Poompoanvong ini tidak lepas dari kerja sama yang dilakukan beliau dengan para petani yang ada di Thailand dan Eropa dalam pengembangan *eco enzyme*.

Kemudian, seorang murid dari Dr. Rosukon Poompoanvong pada tahun 2006 lebih lanjut mempublikasikan mengenai ilmu *eco enzyme* secara luas. Adapun murid tersebut bernama Dr. Joean Oon seorang peneliti Naturopathy yang berasal dari penang, Malaysia. Dr Joean Oon adalah seorang yang mempublikasikan ilmu dan segudang manfaat dari *eco enzyme* secara gratis tanpa dipungut biaya apapun, sehingga *eco enzyme* bisa dikenal sampai saat ini.

2.3 Manfaat *Eco Enzyme*

Eco enzyme merupakan cairan hasil fermentasi bahan organik dengan segudang manfaat. *Eco enzyme* akan terbentuk setelah melewati proses fermentasi selama 3 bulan. Menurut Sethi dkk (2021) hasil akhir dari *eco enzyme* yang terbentuk berupa residu sisa sayur atau buah yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kompos, sedangkan untuk cairan *eco enzyme* dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang yang dijelaskan sebagai berikut:

2.3.1 Bidang kesehatan

Dalam bidang kesehatan *eco enzyme* dapat dimanfaatkan sebagai desinfektan organik, hal ini karena *eco enzyme* dapat berperan sebagai sebagai agen anti bakteri, jamur, maupun untuk membersihkan area yang dapat menularkan mikroorganisme. Pada bidang kesehatan *eco enzyme* juga dapat digunakan untuk obat jerawat, obat gatal pada kulit, obat luka, obat kumur, kompres, pengganti obat merah dan menyembuhkan luka penderita diabetes mellitus. *Eco enzyme* juga berfungsi untuk meningkatkan sistem metabolisme tubuh yang artinya meningkatkan proses kecepatan tubuh dalam menyerap, mencerna dan mengasimilasi makanan menjadi energi, memperkuat fungsi sel darah putih, meningkatkan fungsi pencernaan dan penyerapan makanan secara normal, memurnikan darah, meningkatkan stamina atau kekuatan fisik dan peremajaan sel serta melakukan detoksifikasi atau pembuangan zat beracun yang ada dalam tubuh

Selain itu *eco enzyme* juga dapat digunakan sebagai cairan pembersih tangan yang disebut *dengan hand sanitizer*. *Hand sanitizer* adalah pembersih tangan yang dalam penggunaannya tanpa di bilas dengan air untuk membunuh mikroorganisme maupun bakteri yang dapat mengganggu kesehatan manusia (Rusdianasari dkk, 2021).

2.3.2 Bidang kecantikan

Pada bidang kecantikan, *eco enzyme* juga memberikan begitu banyak manfaat diantaranya dapat diaplikasikan menjadi shampoo maupun *hair tonic* untuk menghilangkan ketombe, mengurangi kerontokan pada rambut serta dapat menumbuhkan rambut pada kepala yang botak. Adapun aplikasi *eco enzyme* untuk kulit dapat di aplikasikan menjadi masker wajah, lulur, toner wajah, pengganti deodorant serta sabun seperti sabun mandi, sabun cuci tangan dan sabun pencuci muka karena *eco enzyme* memiliki manfaat mencegah kulit kering.

2.3.3 Bidang pertanian

Eco enzyme dalam bidang pertanian dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik yang berfungsi memperbaiki tanah yang tandus menjadi lahan yang subur untuk bercocok tanam, sedangkan residu *eco enzyme* dari pupuk alami tersebut mengalir ke tanah yang dapat memurnikan air yang terkontaminasi. Selain itu *eco enzyme* juga dapat dimanfaatkan untuk pengusir hama alami seperti mikroba, virus, serangga, nyamuk, lalat, tikus, kecoa maupun gulma yang dapat merusak lahan pertanian serta *eco enzyme* dapat membantu dalam mengendalikan infeksi penyakit pada tanaman yang dapat diaplikasikan dengan menyiram tanaman. Menyiram tanaman dengan *eco enzyme* juga bermanfaat untuk meningkatkan fotosintesis, nutrisi dan penyerapan air pada tanaman sehingga akan meningkatkan kualitas serta kuantitas buah dan sayuran yang dihasilkan. *Eco enzyme* juga dapat memberikan keuntungan bagi petani karena membantu tanaman tumbuh lebih cepat dan lebih baik serta membuat tanaman kuat untuk menahan beban dalam kondisi kekeringan. Berdasarkan hal tersebut *eco enzyme* tentunya dapat memberikan keuntungan yang besar bagi petani karena biaya pembuatan yang dikeluarkan cukup hemat dengan manfaat yang luar biasa dari *eco enzyme* bagi tanaman.

2.3.4 Keperluan rumah tangga

Eco enzyme dapat di manfaatkan untuk berbagai keperluan rumah tangga seperti cairan pembersih alami yang bebas bahan kimia. Cairan dari *eco enzyme* ini dapat digunakan untuk cairan pembersih lantai serta membersihkan perlengkapan kamar mandi dan dapur dengan menghilangkan endapan kerak yang biasa menempel. *Eco enzyme* juga dapat membantu mengatasi penyumbatan pada saluran air yang dapat menyebabkan banjir dengan cara menuangkan langsung *eco enzyme* pada saluran yang tersumbat. Selain itu *eco enzyme* juga dapat berperan sebagai deterjen alami yang dapat membersihkan dengan menghilangkan kotoran pada pakaian serta menjaga kualitas kain tetap bagus dalam waktu yang lebih lama.

2.3.5 Bidang lingkungan

Dalam bidang lingkungan *eco enzyme* dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas udara misalnya dari berbagai macam polutan dan dapat menghilangkan bau secara alami tanpa menggunakan bahan kimia dengan cara menyemprotkan *eco enzyme*. *Eco enzyme* juga bermanfaat dalam membantu mengurangi pemanasan global dan memurnikan udara dari polutan karena *eco enzyme* mampu melepaskan ozon (O³) dan dapat mengurangi kadar karbon dioksida di atmosfer. Dengan pembuatan *eco enzyme* juga merupakan salah satu upaya meminimalisasi sampah organik karena sebagian besar sampah padat yang dibuang ditempat pembuangan sampah terdiri dari sampah organik yang merupakan bahan utama pembuatan *eco enzyme*. Selain itu enzim-enzim yang di hasilkan dari *eco enzyme* memiliki sifat biokatalisator yang dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi zat pencemar pada air limbah.

2.4 Bahan Pembuatan *Eco Enzyme*

Pada *Eco enzyme* Nusantara (2021) menjelaskan bahwa bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan *eco enzyme* dapat diuraikan dibawah ini

2.4.1 Bahan organik (sisa kulit buah atau sayur)

Bahan organik pembuatan *eco enzyme* dapat menggunakan berbagai macam kulit buah dan sayuran seperti kulit buah nanas, jeruk, papaya, tomat, belimbing,

sawi dan lain-lain. Semua bahan organik berupa kulit buah dan sayuran dapat digunakan dalam pembuatan *eco enzyme* kecuali bahan organik yang sudah dimasak (di goreng, direbus maupun ditumis), yang berjamur atau sudah busuk, bahan organik yang sifatnya keras dan mengandung unsur kayu, serta bahan organik yang mengandung minyak seperti kelapa. Hal tersebut merupakan salah satu factor yang mempengaruhi keberhasilan pembuatan *eco enzyme*.

2.4.2 Gula

Hanifah dkk (2021) menjelaskan bahwa gula merupakan salah satu bahan baku utama dalam pembuatan *eco enzyme* karena gula berperan penting pada proses fermentasi dalam menyediakan sumber karbon berupa sukrosa, glukosa dan fruktosa. Variasi jenis gula yang berbeda menghasilkan karakteristik yang berbeda pula pada *eco enzyme*, hal ini terjadi karena setiap jenis gula memiliki komposisi yang berbeda. Gula merah non tebu merupakan jenis gula yang paling sering digunakan dalam pembuatan *eco enzyme* karena mudah didapatkan. Gula merah non tebu merupakan jenis gula merah hasil pengolahan nira aren dan nira kelapa.

2.4.3 Air

Air merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam proses pembuatan *eco enzyme*. Jenis air yang digunakan dapat berupa air sumur, air PDAM, air ledeng, air dari sumur bor dan lain sebagainya dan tidak harus dimasak. Rasio air yang diperlukan dalam pembuatan *eco enzyme* adalah 1 liter atau 1000 gram air dari perbandingan 1 : 3 : 10 (Maharashtra dkk, 2020).

2.4.4 Wadah

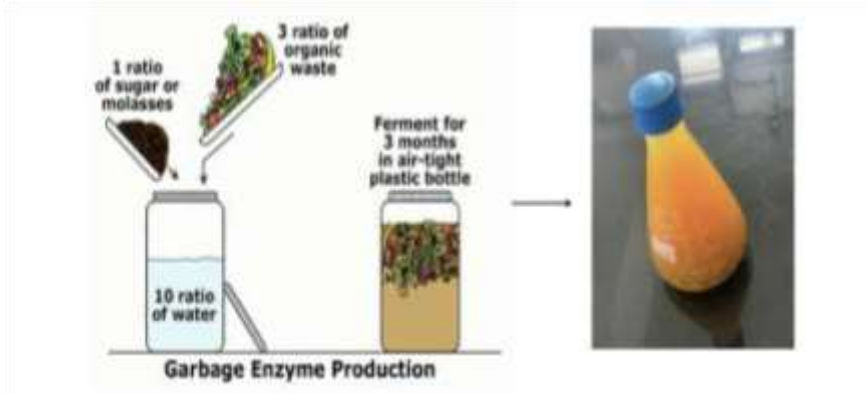
Dalam pembuatan *eco enzyme* disarankan untuk tidak menggunakan wadah yang terbuat dari kaca, hal ini karena cairan *eco enzyme* yang mengalami fermentasi mengandung gas sehingga sewaktu-waktu dapat meledak pada wadah berbahan kaca dan menyebabkan kerusakan sehingga lebih baik menggunakan wadah yang terbuat dari bahan plastik. Selain itu disarankan menggunakan wadah yang memiliki tutup seperti toples, ember dengan mulut wadah yang lebar sehingga

memudahkan dalam proses penumpahan cairan *eco enzyme* serta jangan isi wadah hingga penuh (*Eco enzyme* Nusantara, 2021).

2.5 Pembuatan *Eco Enzyme*

Menurut Rasit dkk (2019) pembuatan *eco enzyme* dilakukan dengan cara mencampurkan kulit buah dan sayuran dengan gula dan air sesuai dengan takaran yang telah ditetapkan kemudian di fermentasikan selama kurang lebih 3 bulan. Pembuatan *eco enzyme* menggunakan perbandingan substrat (gula merah atau *molasses*), sampah organik (kulit buah maupun sayuran) serta air dengan rasio 1:3:10. Sebagai contoh dalam pembuatan *eco enzyme* dengan 1 liter *eco enzyme* menggunakan 300 gram bahan organik, 100 gram substrat berupa gula merah atau *molasses* dan 1 liter atau 1000 gram air (Maharashtra dkk, 2020). Adapun wadah yang digunakan adalah wadah plastik kedap udara dimana selama sebulan proses fermentasi penutup wadah di buka untuk mengeluarkan gas hasil oksidasi, agar terhindar dari ledakan maupun kerusakan pada wadah. Selama proses fermentasi 3 bulan, *eco enzyme* disimpan pada tempat yang kering dan sejuk dengan suhu dalam rumah. Kemudian untuk pembuangan gasnya, wadah dibuka setiap hari pada 2 minggu pertama dan 3 hari sekali pada minggu ke-3 serta seminggu sekali pada minggu-minggu berikutnya (Imelda dkk, 2021). Setelah 3 bulan melewati proses fermentasi, untuk mendapatkan cairan murni dari *eco enzyme* dilakukan proses filtrasi atau penyaringan dari sisa – sisa bahan organik.

Salah satu parameter keberhasilan *eco enzyme* adalah pH yang dihasilkan tidak boleh melebihi 4. Selain pH dapat juga diukur dengan aroma yang dihasilkan yaitu aroma fermentasi asam segar (Rasit dkk, 2019). Selain itu *eco enzyme* harus disimpan dalam suhu ruang, ditempat yang kering, berventilasi, hindari sinar matahari langsung dan jangan simpan dalam kulkas. *Eco enzyme* bereaksi dengan baik apabila warnanya cerah sesuai dengan bahan yang digunakan, terdapat jamur putih apabila terdapat jamur hitam maka pembuatan *eco enzyme* gagal dan harus dipulihkan dengan penambahan gula kedalam wadah sesuai takaran semula.



Gambar 1 Pembuatan *eco enzyme*

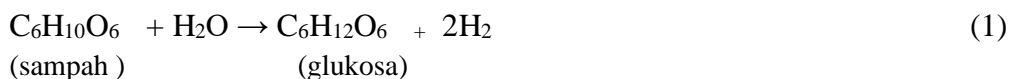
Sumber: Sambaraju dan Lakshmi (2020)

2.6 Fermentasi *Eco Enzyme*

Menurut Rijal (2021) fermentasi merupakan suatu cara untuk mengubah substrat menjadi produk tertentu yang dikehendaki dengan menggunakan bantuan mikroba. Fermentasi diperoleh sebagai metabolisme mikroba pada suatu bahan dalam kondisi anaerob, dan mikroba yang melangsungkan fermentasi memerlukan energi bersumber dari glukosa dan gas. Pada pembuatan *eco enzyme* terjadi fermentasi alami/oksidasi anaerobik selama 3 bulan yang menghasilkan produk alkohol (saat setengah proses fermentasi) dan asam asetat (saat fermentasi sempurna). Kondisi asam dan proses fermentasi mendorong enzim untuk mengekstraksi bahan organik menjadi sebuah cairan. Menurut Abdullah (2017) langkah-langkah pendegradasian bahan organik secara anaerobik diuraikan sebagai berikut:

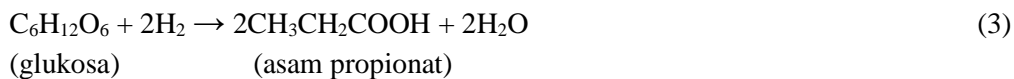
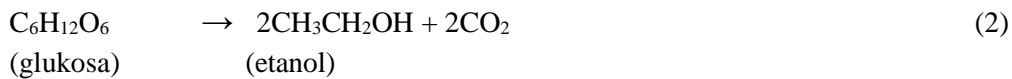
2.6.1 Tahap hidrolisis

Tahapan hidrolisis merupakan tahapan pemecahan polimer berupa sampah organik atau mengubah polutan organik kompleks (seperti karbohidrat, lemak, dan protein) menggunakan enzim yang dihasilkan mikroorganisme hidrolitik menjadi monomer (seperti glukosa, asam amino, *long chain fatty acids*). Secara teoritis, senyawa kimia sampah organik adalah $C_6H_{10}O_4$ (Ostrem, 2004). Reaksi yang terjadi pada proses hidrolisis ditampilkan pada persamaan senyawa (1) :



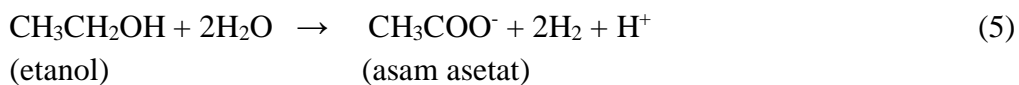
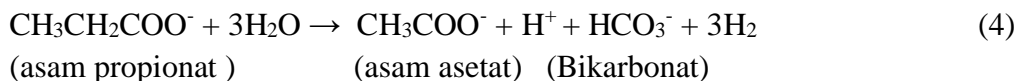
2.6.2 Tahap asidogenesis

Tahap asidogenesis merupakan tahapan lanjutan dari reaksi hidrolisis dimana, bakteri asidogenik akan mengubah produk dari reaksi hidrolisis menjadi senyawa organik yang lebih sederhana seperti rantai pendek asam volatil (contohnya *propionic, formic, lactic, butyric, dan succinic*), katones (contohnya: *ethanol, methanol, gliserol, aseton*), dan *alkohol*. Reaksi asidogenesis yang umumnya adalah di mana glukosa dikonversi menjadi etanol dan propionate. Reaksi yang terjadi pada asidogenesis ditampilkan pada persamaan senyawa (2) dan (3) :



2.6.3 Tahap asetogenesis

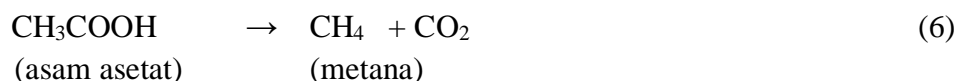
Tahap asetogenesis merupakan tahapan dimana sisa produk asidogenesis, misalnya asam propanoat, asam butirat, dan etanol diubah oleh bakteri asetogenik menjadi H_2 , CO_2 , dan asam asetat. Secara lengkap, reaksi yang terjadi pada tahap asetogenesis ditampilkan pada persamaan senyawa (4) dan (5) :



2.6.4 Tahap metanogenesis

Tahap metanogenesis merupakan tahapan dimana mikroorganisme mengubah hydrogen dan asam asetat yang dibentuk oleh pembentuk asam menjadi gas metana. Proses metanogenesis dibantu oleh mikroorganisme metanogenik yang diklasifikasikan menjadi dua langkah:

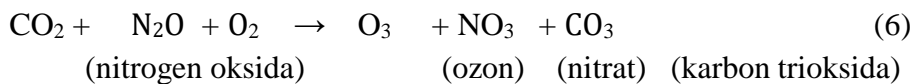
- a) Metanogen *acetoclastic* yang mengubah asam asetat menjadi metana dan CO_2 .



- b) Metanogen *hydrogenotropic* yang mengubah karbon dioksida dan hidrogen menjadi metana.



Selain metabolit primer yang dihasilkan selama fermentasi *eco enzyme* yang bersamaan dengan siklus hidup mikroba, seperti alkohol, CO₂, dan asam organik, dihasilkan pula metabolit sekunder yang merupakan hasil dari proses fermentasi yang dihasilkan saat bakteri berada pada fase stasioner yang akan mengeluarkan produk metabolit sekunder agar dapat bertahan. Contoh metabolit sekunder dari proses fermentasi *eco enzyme* adalah antibiotik, mitoksin, pigmen, antimikroba dan lainnya. Selama proses fermentasi enzim berlangsung, gas yang dihasilkan dari proses fermentasi dapat juga melepaskan O₃ yang dikenal sebagai ozon. Ozon yang dikeluarkan ke udara akan bercampur dengan gas lain di udara sehingga dapat menetralkan suhu ruang, dapat mengurangi jumlah karbon dioksida dan logam berat di atmosfer, serta dapat mengurangi pemanasan global. Selain itu juga dihasilkan NO₃ (nitrat) dan CO₃ (karbon trioksida) yang dibutuhkan oleh tanah sebagai nutrient (Rochyani dkk, 2020). Selama proses fermentasi *eco enzyme*, juga berlangsung reaksi yang dapat dilihat pada persamaan (8):



2.7 Gula Aren dan Gula Kelapa

Gula merupakan substrat yang digunakan untuk menghasilkan alkohol. Pada proses fermentasi, gula merah memainkan peran penting dalam produksi *eco enzyme*. Hal ini dikarenakan gula (sukrosa) memiliki peranan penting sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhan bakteri, dimana semakin tinggi kandungan sukrosa maka semakin banyak volume yang dihasilkan setelah proses fermentasi. Dalam penelitian Supriyani (2020) menjelaskan bahwa variasi gula menghasilkan kadar kandungan yang berbeda pula pada *eco enzyme*. Berbagai jenis gula juga mempengaruhi mikroba yang menghasilkan enzim ekstraseluler seperti lipase, amilase, dan selulase. Berikut variasi gula yang digunakan dalam pembuatan *eco enzyme*:

2.7.1 Gula aren

Gula aren merupakan salah satu makanan olahan yang bersumber dari pengolahan nira aren yang berasal dari tandan bunga jantan pohon aren. Kandungan dalam gula aren cukup berperan penting dalam tubuh dimana dapat membantu memenuhi kebutuhan akan zat gizi tertentu. Nira pada aren yang diolah menjadi gula aren harus mampu memenuhi syarat pH 6 – 7,5 dan kadar Brix diatas 17%, sehingga kualitas gula aren yang dihasilkan dapat dikatakan baik. Dalam gula aren, terdapat sejumlah besar kandungan antioksidan yang dapat menangkal radikal bebas pada tubuh sehingga dapat melindungi tubuh dari ancaman penyakit berbahaya seperti kanker kulit (Rusdianasari dkk, 2021).

Selain itu, gula aren pula mengandung glukosa cukup tinggi yang dapat digunakan dalam pembersihan ginjal sehingga dapat terhindar dari penyakit ginjal. Ciri khas gula aren dari segi kimia yaitu gula aren mengandung sukrosa kurang lebih 84% jika dibandingkan dengan gula tebu yang mengandung sukrosa sebesar 20% dan gula bit 17% sehingga gula aren mampu menyediakan energi lebih tinggi dari gula bit dan gula tebu. Komposisi kimia dari gula aren yaitu kadar air 9,16%, sukrosa 84,31%, gula pereduksi 0,53%, lemak 0,11%, protein 2,28%, total mineral 3,66%, kalsium 1,35 % dan fosfor 1,37% (Suprayani dkk, 2020).

2.7.2 Gula kelapa

Gula kelapa merupakan salah satu jenis gula merah yang terbuat dari nira pohon kelapa yang dimasak hingga kental dan dicetak kemudian didinginkan. Gula kelapa merupakan gula organik yang memiliki kandungan yang baik karena memiliki manfaat menjaga ketahanan tubuh dan dapat pula digunakan dalam menyembuhkan beberapa penyakit. Gula kelapa mampu menurunkan diabetes atau kencing manis karena kandungan sukrosa pada gula kelapa dapat dikatakan cukup rendah dibandingkan dengan gula aren maupun gula putih dari tebu serta pada gula kelapa tidak mengandung fruktosa yang tidak baik untuk kesehatan tubuh. Selain itu gula kelapa juga dapat mencegah terjadinya anemia atau kurang darah, melancarkan sirkulasi darah, mempercepat proses pembentukan sel darah dalam tubuh karena gula kelapa mengandung zat besi. Menurut Thampan dalam Supriyani, dkk (2020) gula kelapa memiliki komposisi kimia diantaranya kadar air

10,92%, sukrosa maksimal 77 % dimana lebih rendah bila dibandingkan pada gula aren serta gula pereduksi 6,58%. Gula kelapa mempunyai rasa sedikit asam karena adanya kandungan asam-asam organik. Gula kelapa memiliki aroma yang khas yaitu sedikit asam dan berbau karamel hal ini karena asam organik yang terdapat pada gula kelapa (Santoso, dalam Supriyani dkk, 2020). Adapun perbedaan komposisi kimia gula aren dan gula kelapa dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1 Komposisi kimia gula aren dan gula kelapa (per 100 gram)

Komponen	Gula Aren	Gula Kelapa
Air	7,0 g	10,0 g
Besi (Fe)	3,0 mg	2,6 mg
Energi	368 kalori	386 kalori
Fosfor (P)	35 mg	37 mg
Kalium (K)	390,4 mg	-
Kalsium (Ca)	75 mg	76 mg
Natrium (Na)	15 mg	2 mg
Seng (Zn)	26,4 mg	-
Tembaga (Cu)	0,04 mg	-
Riboflavin (Vitamin B2)	0,01 mg	0,34
Protein	0,0 g	3,0 g
Lemak	0,0 g	10,0 g
Karbohidrat	92,0 g	76,0 g

Sumber: Kemenkes (2019)

2.8 Bahan Organik Kulit Buah

Larutan *eco enzyme* dapat bersumber dari sampah organik yang berasal dari rumah tangga, salah satunya adalah kulit buah-buahan. Hal ini karena kulit buah-buahan mudah untuk di dapatkan dan sebagian besar terbuang begitu saja. Selain itu kulit buah mempunyai bermacam *enzyme* yang diperlukan untuk proses metabolisme makhluk hidup. Membuat *eco enzyme* berarti mengekstrak *enzyme* yang ada pada kulit buah tersebut untuk selanjutnya dapat dimanfaatkan secara lebih luas. Penggunaan berbagai macam bahan organik dalam proses pembuatan *eco enzyme* berupa kulit buah bertujuan agar kandungan *enzyme*, bahan aktif lainnya serta mikroorganisme yang dapat tumbuh akan semakin lengkap. Berikut penggunaan kulit buah untuk pembuatan *eco enzyme* :

2.8.1 Jeruk (*Citrus sp*)

Buah jeruk merupakan salah satu jenis buah tahunan yang tumbuh di Indonesia baik secara alami atau di budidayakan oleh masyarakat dengan berbagai macam varietas. Buah jeruk dikenal memiliki kandungan air dan vitamin C yang tinggi dimana berkisar antara 27-49 mg/100 gram daging buah. Selain itu buah jeruk juga mengandung mangan, kalium, zat besi, klorin, seng, asam folat, natrium, fosfor, dan pektin yang membuatnya sangat bermanfaat, dan yang terpenting buah jeruk tidak mengandung kalori (Ariani, 2019).

Selain itu, kulit jeruk juga tentunya memiliki khasiat yang tidak kalah dari daging buah jeruk. Kulit jeruk mengandung asam askorbat yang dapat meningkatkan anti mikroba dan anti inflamasi dari larutan *eco enzyme*. Asam askorbat yang terdapat pada kulit jeruk yang menyebabkan *eco enzyme* memiliki aroma harum segar khas jeruk (Pratamadina, 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ana *et al* pada tahun 2018 membuktikan bahwa kulit jeruk yang telah diekstraksi memiliki sifat antioksidan dan bersifat fenolik. Kulit jeruk mengandung beberapa senyawa yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut, seperti kandungan minyak atsiri dan pectin yang merupakan zat yang paling dominan. Kandungan minyak atsiri dalam kulit jeruk adalah 2,49% yang memiliki sifat anti jamur atau pembasmi kuman dan komponen yang diperlukan untuk menghambat bakteri patogen anti mikroba. Kulit jeruk juga mengandung senyawa yang bermanfaat sebagai pereda radang tenggorokan, dan batuk serta sebagai antiseptic (Rusdianasari, 2021).

2.8.2 Nanas (*Ananas comosus L.*)

Buah nanas merupakan salah satu komoditas buah unggulan ke urutan tiga Indonesia. Indonesia adalah negara dengan penghasil nanas terbesar di Asia Tenggara setelah Filipina dan Thailand. Nanas sendiri memiliki kandungan air 90% dan kaya akan kalium, kalsium, fosfor, magnesium, zat besi, natrium, iodium, sulfur, dan klor. Selain itu, kaya asam, biotin, vitamin A, vitamin B12, vitamin C, vitamin E, dekstrosa, sukrosa atau tebu, serta enzim bromelin, yaitu enzim protease yang dapat menghidrolisis protein, protease, atau peptide (Rochyani dkk, 2020).

Selain daging buah nanas, kulit buah nanas dapat pula dimanfaatkan kembali karena memiliki kandungan bromelain yang dapat digunakan sebagai antiseptik mulut, antibakteri, antifungi dan desinfektan. Enzim bromelain merupakan suatu enzim protease yang mampu menghidrolisis ikatan peptida menjadi asam amino. Konsentrasi bromelain yang terdapat pada bonggol nanas lebih tinggi dibanding pada daging buah nanas (Rahmat dkk, 2017 dalam Imelda dkk, 2020). Kulit nanas juga memiliki zat aktif antara lain antosianin, vitamin C, dan flavonoid. Menurut Rusdianasari (2021) menjelaskan bahwa kulit nanas positif mengandung tanin, saponin, steroid, flavonoid, fenol, dan senyawa lainnya. Kulit nanas pula mengandung total 38,95 mg/100 gram antioksidan dengan komponen bioaktif berupa vitamin C 24,40 mg/100 gram, beta karoten sebesar 59,98 ppm, flavonoid 3,47%, kuersetin 1,48%, fenol 32,69 ppm, dan saponin 5,29%.

2.8.3 Pepaya (*Carica papaya*)

Pepaya merupakan salah satu jenis buah yang banyak ditemukan di Indonesia berbentuk bulat memanjang dan menggantung pada batang. Pepaya memiliki kandungan gizi yang lengkap diantaranya energi, serat, protein, karbohidrat, kalsium, fosfor, kalium, magnesium, natrium, zat besi, karoten, vitamin, air. Selain kandungan gizinya, pepaya juga mengandung senyawa fitokimia, yaitu karotenoid. Pigmen karotenoid yang terdapat pada buah ini adalah likopen sehingga dapat memberikan warna merah (Ramli, 2017 dalam Rocyani dkk, 2020). Selain itu pepaya juga mengandung enzim papain dan enzim chymopapain yang berfungsi dapat mengurangi peradangan sehingga dapat membantu tubuh dalam penyembuhan luka bakar dan luka lainnya (Imelda dkk., 2021).

Kulit buah pepaya adalah bagian yang mengandung lebih banyak enzim papain terutama pada kulit buah yang masih muda, serta senyawa metabolit sekunder lainnya seperti alkaloid, flavonoid, saponin, dan lain-lain. Semakin hijau kulit buah pada pepaya, maka zat papain yang terkandung didalamnya akan lebih tinggi. Kulit buah pepaya juga mengandung folat, vitamin A, magnesium, asam pantotenat, vitamin B kompleks, betakaroten, lutein, *zeaxanthin*, vitamin E, kalsium, kalium, vitamin K, dan likopen. Selain itu, kulit buah pepaya juga mengandung serat, abu, senyawa fenolik, vitamin C, beberapa bahan kalium,

belerang, dan tembaga. Kandungan antioksidan ekstrak kulit buah lebih tinggi apabila dibandingkan dengan ekstrak biji buah papaya (Rocyani dkk, 2020).

2.8.4 Mangga (*Mangifera indica*)

Mangga merupakan salah satu tanaman khas tropis yang berkembang dan tumbuh subur di Indonesia. Daging buah mangga yang berwarna merah oranye jika telah matang, banyak mengandung vitamin A dan vitamin C yang sangat dibutuhkan tubuh. Buah mangga memiliki sejumlah asam galat yang baik bagi isi pencernaan, juga sangat baik sebagai desinfektan yang dapat melindungi tubuh manusia dari serangan infeksi. Kandungan vitamin C, karoten dan flavonoid yang tinggi didalam buah mangga juga dapat berfungsi sebagai antioksidan, salah satunya mencegah penyakit kanker (Anggraeni dkk, 2020).

Tidak hanya daging buah mangga saja yang bermanfaat, perlu diketahui bahwa limbah kulit mangga bukanlah tanpa manfaat. Kulit buah mangga kaya akan triterpen dan triterpenoid, yaitu senyawa yang bermanfaat sebagai antikanker dan menyembuhkan anemia. Kulit mangga juga kaya akan serat yang bermanfaat bagi kesehatan pencernaan manusia, bahkan lebih dari daging buahnya. Menurut Arvianto (2022) menjelaskan bahwa kulit buah mangga mengandung banyak senyawa fenol di dalamnya, dimana flavonoid merupakan salah satu bagian terbesar dari senyawa fenol yang dapat digunakan sebagai anti inflamasi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Subbiya *et al* (2013) dalam Imelda dkk (2021) pada *eco enzyme* yang berasal dari mangga diketahui memiliki sifat antimikroba karena mangga memiliki enzim amilase dan juga mangiferin yang kaya akan polifenol dan dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen *Enterococcus faecalis* yang dapat menyebabkan pertumbuhan karang gigi.

2.8.5 Semangka (*Citrullus lanatus*)

Semangka merupakan salah satu jenis tanaman merambat yang sangat digemari masyarakat Indonesia karena rasanya yang manis dan memiliki kandungan air yang banyak. Buah semangka diketahui mengandung zat-zat tertentu yang cukup efektif dalam membunuh sel-sel kanker, yaitu zat yang mampu menghidupkan aktivitas fungsi sel darah putih sehingga mampu meningkatkan

sistem kekebalan. Selain itu semakin merah daging buah semangka maka semakin tinggi kadar likopenya yang dapat menangkal radikal bebas (Sari, 2020).

Pada bagian kulit semangka juga memiliki banyak kandungan yang bermanfaat bagi kesehatan. Salah satunya zat *citrulline* yang lebih banyak ditemukan pada kulit semangka yakni sekitar 60% dibanding dagingnya. Zat *citrulline* akan bereaksi dengan enzim tubuh ketika dikonsumsi dalam jumlah yang cukup, lalu diubah menjadi arginin, asam amino non esensial yang berkhasiat bagi jantung, sistem peredaran darah, dan kekebalan tubuh (Renga dkk, 2021). Selain itu, zat *citrulline* pada kulit semangka merupakan zat antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan kulit dan sebagai penetral radikal bebas serta mengurangi kerusakan sel dalam tubuh. Ekstrak kulit semangka juga mempunyai kandungan kimia berupa flavonoid, alkaloid, triterpenoid, dan tannin (Fadhila dkk, 2022). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Anggraeni (2019) hasil uji kandungan senyawa pada kulit buah semangka menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah semangka mengandung alkaloid dan triterpenoid yang bisa memiliki aktivitas anti bakteri.

2.8.6 Buah naga (*Hylocereus polyrhizus*)

Salah satu jenis buah naga yang mudah di temukan keberadaannya adalah buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). Buah naga merah merupakan salah satu buah yang sangat baik untuk kesehatan karena kaya akan vitamin C dan antioksidan serta berbagai jenis mineral (Renga dkk, 2021). Buah naga merah merupakan buah yang memiliki banyak senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai anti radikal bebas misalnya betasianin. Kandungan gizi buah naga sangat beragam diantaranya protein dan serat, serta beberapa vitamin contohnya vitamin B1, vitamin B2, dan vitamin C (Nisa dkk, 2020)

Hal menarik lainnya dari buah naga adalah kulit buahnya yang kaya akan manfaat. Kulit buah naga mengandung zat bioaktif yang bermanfaat bagi tubuh diantaranya antioksidan (dalam bentuk asam askorbat, betakaroten, dan antosianin), dan serat pangan (dalam bentuk pektin). Menurut Achyadi dkk (2018) dalam bidang farmakologi, kulit buah naga dapat dijadikan sebagai obat herbal alami yang dapat bermanfaat sebagai antioksidan. Kulit buah naga memiliki aktivitas antioksidan lebih besar bila dibandingkan dengan aktivitas antioksidan pada daging buahnya,

sehingga berpotensi untuk dikembangkan menjadi sumber antioksidan alami dalam menangkap radikal bebas. Selain itu kulit buah naga juga kaya akan vitamin C, vitamin E, vitamin A, piridoksin, alkaloid, terpenoid, flavonoid, tiamin, niasin, piridoksin, kobalamin, fenolik, karoten, serta fitoalbumin.

2.8.7 Pisang (*Musa paradisiaca*)

Kandungan gizi dalam pisang diantaranya protein, karbohidrat, serat dan mineral seperti kalium, magnesium, fosfor, besi, natrium dan kalsium. Selain itu juga pisang kepok mengandung vitamin A, vitamin B, dan vitamin C. Pisang mengandung unsur kalium yang dapat menurunkan kadar kolesterol dalam darah, menekan risiko terkena serangan jantung dan stroke. Buah pisang juga sangat berkhasiat untuk menyembuhkan penderita anemia karena dengan mengonsumsi buah pisang, kadar hemoglobin dalam darah meningkat (Nurmin dkk, 2018). Sumber lain menyatakan bahwa daging buah pisang bermanfaat sebagai anti ulkus, penyembuh luka, hepatoprotektif, analgesik, antioksidan dan merangsang pertumbuhan rambut (Susanti, 2021).

Salah satu bagian dari pisang yang dapat di manfaatkan dan memiliki kandungan kimia yang baik adalah kulit pisang. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Christy dkk (2017) kandungan mineral yang dimilikinya mengakibatkan kulit pisang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk karena mengandung unsur hara makro yang diperlukan oleh tanaman seperti fosfat (P), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan natrium (Na), dan kalium (K). Selain mengandung kandungan mineral yang dibutuhkan oleh tanaman, kulit pisang juga mengandung selulosa sebagai komponen yang penting dalam pembuatan kompos. Nursanti dkk (2018) membuktikan bahwa kulit buah pisang juga memiliki potensi sebagai antibakteri, antioksidan dan anti inflamasi karena senyawa bioaktif yang terdapat pada kulit pisang, seperti flavonoid dan tannin.

2.8.8 Apel (*Malus domestica*)

Apel adalah salah satu jenis buah yang memiliki kandungan vitamin C sebanyak 2 mg/100g. Selain vitamin C, buah apel juga mengandung senyawa fenol seperti *quercetin* dan *epicatechinm* yang berfungsi sebagai antioksidan dan dapat

mengurangi resiko terkena kanker (Maajid dkk, 2018). Sebagai buah yang sehat, apel kaya akan kandungan gizi, namun yang paling dominan adalah vitaminnya, sedangkan mineral yang dikandung dalam buah apel antara lain kalsium, magnesium, potasium, zat besi, dan zinc. Selain itu buah apel juga memiliki kandungan lain seperti tanin yang berfungsi membersihkan dan menyegarkan mulut, flavoid yang berfungsi menurunkan risiko kanker, *Asam D-glucaric* yang dapat menurunkan kadar kolestrol, asam tartart yang dapat menyehatkan saluran pencernaan dan membunuh bakteri yang jahat ada dalam saluran pencernaan (Agroteknologi, 2017 dalam Samnawiya, 2018).

Limbah kulit apel memiliki kandungan senyawa aktif yang lebih banyak dari pada buahnya. Menurut Khoiroh (2018) mengatakan bahwa limbah kulit apel memiliki kandungan zat aktif yang terdiri dari senyawa polifenol dan flavonoid seperti katekin, kuersetin, phloridzin, dan asam klorogenik yang dapat dimanfaatkan sebagai antibakteri. Pada dasarnya limbah kulit buah apel tidak hanya digunakan sebagai campuran pakan ternak dan pemupukan tanaman, akan tetapi limbah kulit buah apel juga dapat digunakan sebagai bahan antioksidan alami yang sangat dibutuhkan oleh tubuh terutama pada kulit untuk melawan berbagai radikal bebas dari luar. Kulit apel mengandung kuersetin zat yang dibutuhkan guna meningkatkan kadar antioksidan guna mencegah berbagai macam penyakit.

2.9 Parameter Uji *Eco enzyme*

2.9.1 pH (*Power of Hydrogen*)

Menurut Sofyan (2019) pH merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. Kadar pH dapat diukur dengan hasil pengukuran dari skala 0 sampai 14. Pengertian pH secara formal adalah negatif logaritma dari aktivitas ion hydrogen atau perbandingan konsentrasi antara $[H^+]$ dan $[OH^-]$. Apabila konsentrasi $[H^+]$ lebih besar daripada $[OH^-]$, maka zat tersebut bersifat asam dengan nilai pH kurang dari 7, sedangkan apabila konsentrasi $[OH^-]$ lebih besar daripada $[H^+]$, maka zat tersebut bersifat basa dengan nilai pH lebih dari 7. Suatu pH dapat dikatakan normal apabila memiliki nilai 7 dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaaan tertinggi.

Nilai pH adalah alkalitas suatu larutan atau simbol untuk derajat keasaman, nilai pH sangat penting untuk pertumbuhan mikroorganisme, karena kinerja enzim sangat dipengaruhi oleh pH (Sukainah dkk, 2018). Adapun pH yang baik untuk *eco enzyme* sendiri adalah < 4 atau $= 4$, dimana semakin asam pH suatu *eco enzyme*, maka semakin baik *eco enzyme* yang dihasilkan (Rusdianasari, 2021). Rendahnya suatu pH dari produk *eco enzyme* dapat disebabkan karena kandungan asam organik yang tinggi. Menurut Rasit *et al* (2019) semakin tinggi kandungan asam organiknya, semakin rendah pH dari produk *eco enzyme*.

2.9.2 Uji Organoleptik

Menurut Qalbi (2021) Pengujian organoleptik merupakan suatu pengujian pengujian yang didasarkan dan melibatkan proses penginderaan yaitu kesadaran atau pengenalan alat indra akan sifat-sifat benda karena adanya rangsangan yang diterima alat indra yang berasal dari benda tersebut. Uji organoleptik merupakan suatu metode yang dilakukan oleh manusia menggunakan panca indera yaitu mata, hidung, mulut, tangan dan juga telinga. Parameter uji organoleptik pada penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

2.9.2.1 Warna

Warna merupakan salah satu parameter yang dapat diamati secara fisik yang biasa digunakan untuk penentuan mutu suatu zat atau makanan. Warna dapat ditentukan oleh adanya sinar sebagai sumber penerangan yang menyinari, kondisi lingkungan benda, dan kondisi subjek yang melihat. Menurut Viza (2022) warna yang dihasilkan oleh *eco enzyme* juga berkaitan dengan proses fermentasi. *Eco enzyme* dapat dikatakan baik apabila *eco enzyme* yang dihasilkan memberikan warna larutan coklat dan kadar air yang paling tinggi. Selain proses fermentasi, warna produk *eco enzyme* juga tergantung pada kombinasi limbah kulit buah yang digunakan. Menurut Muliarta & Novianti (2021) *eco enzyme* merupakan larutan kompleks yang dihasilkan dari proses fermentasi yang berwarna coklat tua dan memiliki aroma fermentasi manis dan asam yang kuat. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian oleh Rusdianasari *et al* (2021) yang menunjukkan bahwa *eco enzyme* yang dihasilkan berwarna coklat dan memiliki aroma asam yang segar.

2.9.2.2 Bau

Menurut Qalbi (2021) aroma atau bau pada makanan ditentukan melalui panca indra penciuman (hidung). Aroma atau bau-bauan dapat didefinisikan sebagai suatu bahan yang dapat diamati dengan indera pembau. Aroma memiliki zat atau komponen tertentu yang mempunyai beberapa fungsi dalam makanan, diantaranya dapat bersifat memperbaiki produk lebih baik.

Menurut Rijal (2021) fermentasi *eco enzyme* dapat dikatakan berhasil jika terbentuk larutan berwarna kecoklatan dan memiliki bau seperti bahan (tidak berbau busuk) dan beraroma asam. Suatu aroma asam pada *eco enzyme* ini bersumber dari produk samping yang dihasilkan oleh mikroorganisme selama proses fermentasi. Aroma asam tersebut merupakan asam asetat yang berasal dari penguraian senyawa alkohol saat fermentasi aerob terjadi. Selain itu aroma ini terjadi karena adanya penguraian senyawa kimia pada masing-masing bahan baku yang digunakan dalam pembuatan *eco enzyme*.

2.9.3 Asam asetat

Asam asetat atau asam cuka merupakan senyawa organik yang mengandung gugus asam karboksilat yang dikenal sebagai pemberi rasa asam dan aroma pada makanan (Wusnah dkk, 2018). Sifat kimia dari asam asetat adalah mudah menguap di udara terbuka, mudah terbakar, dan dapat menyebabkan korosif pada logam. Sedangkan sifat fisika dari asam asetat adalah bentuk cairan jernih, tidak berwarna, berbau menyengat, memiliki rasa asam yang sangat tajam, mempunyai titik beku 16,6°C, titik didih 118,1°C dan larut dalam air, alkohol, dan eter (Islami, 2022).

Menurut Samriti *et al* (2019) menemukan bahwa terdapat asam asetat dalam *eco enzyme*, meskipun konsentrasi asam asetat dalam *eco enzyme* tersebut tidak setinggi di dalam asam cuka. Asam asetat yang terkandung di dalam *eco enzyme* berasal dari oksidasi lanjutan etanol. Etanol dihasilkan dari penguraian bahan organik berupa karbohidrat (misal glukosa) dalam kondisi anaerob. Selama proses glikolisis, glukosa akan diurai menjadi asam piruvat dan asam piruvat akan diubah menjadi etanol dalam kondisi anerobik. Etanol yang dihasilkan dalam kondisi anerobik akan diubah menjadi asam asetat, sehingga dalam *eco enzyme* ditemukan asam asetat (Rijal, 2021). Menurut Larasati *et al* (2020) asam asetat dihasilkan dari

proses metabolisme bakteri anaerobik atau biasa disebut dengan proses fermentasi yang secara alami terdapat dalam sisa buah dan sayur. Fungi dan beberapa jenis bakteri menghasilkan alkohol dalam proses fermentasi, sedangkan kebanyakan dari bakteri menghasilkan asam asetat.

2.9.4 Klorin (Cl)

Klor atau klorin merupakan unsur kimia nomor atom 17 dengan symbol Cl yang termasuk dalam golongan halogen. Unsur klorin termasuk dalam unsur sebagai klorida yang merupakan garam dimana sangat diperlukan dalam kehidupan termasuk manusia. Klorin dalam wujud cair dan padat memiliki fungsi yaitu sebagai agen pengoksidasi dan pelunturan yang sangat efektif. Selain itu klorin ini banyak digunakan sebagai desinfektan dalam pengolahan limbah industri, air kolam renang, dan air minum khususnya di negara yang sedang berkembang karena biayanya yang relatif murah, mudah, dan efektif. Klorin bekerja dalam membunuh kuman dengan memurnikan air melalui penambahan klorin sehingga struktur sel organisme menjadi rusak dan kuman akan mati. Klorin sebagai disinfektan bekerja dalam bentuk asam hipoklorit (HOCl) dan sebagian kecil dalam bentuk ion hipoklorit (OCl⁻). Klorin sebagai disinfektan bekerja dengan efektif jika berada dalam air dengan pH sekitar 7. Apabila nilai pH air lebih dari 8,5, maka 90% dari asam hipoklorit itu akan mengalami ionisasi menjadi ion hipoklorit sehingga khasiat disinfektan yang dimiliki klorin menjadi lemah atau berkurang dan tentunya apabila dalam jumlah besar dapat juga berbahaya.

2.9.5 Fosfor (P)

Menurut Dahlia (2020) fosfor (P) merupakan salah satu unsur hara yang esensial bagi tanaman dan keberadaannya tidak ada unsur hara lain yang dapat mengganti fungsinya di dalam tanaman, sehingga tanaman harus mendapatkan atau mengandung P secara cukup untuk pertumbuhannya secara normal. Fungsi fosfor di dalam tanaman yaitu berperan penting dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer, dan penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel serta proses-proses di dalam tanaman lainnya. Apabilah tanaman kekurangan fosfor maka dapat menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan hasil pada tanaman menjadi menurun.

Larutan *eco enzyme* juga kaya akan unsur fosfor (P) yang dapat ditunjukkan pada sistem perakaran yang baik. Adapun jika penerapan *eco enzyme* untuk menutrisi pertumbuhan buah, maka dapat menggunakan bahan organik yang kaya kalium dan fosfor dengan bahan baku yaitu buah-buahan dan bonggol pisang (Lomo, 2020). *Eco enzyme* dalam bidang pertanian dapat pula meningkatkan kandungan bahan organik tanah, fosfor total, dan fosfor yang tersedia, selain itu berdasarkan penelitian bahwa penyemprotan *eco enzyme* pada tanaman dapat secara signifikan menurunkan kandungan Cd dalam beras dengan 47,54–63,08 % (Hemalatha and Visantini 2020).

2.9.6 Kalsium (Ca)

Kalsium merupakan mineral yang paling banyak dalam tubuh dan termasuk paling penting. Menurut Pratika dkk (2018) kalsium merupakan mineral penting dalam tubuh yang berperan dalam mencegah osteoporosis, membantu proses pembekuan darah, penyembuhan luka, memperbaiki tulang dan gigi, menghantarkan sinyal rangsangan ke sel saraf, serta sebagai mediator pengaktifan hormon paratiroid. Kalsium juga terdapat pada tanaman khususnya tanaman yang banyak mengandung protein. Kalsium tersebut memiliki manfaat diantaranya berpengaruh baik dalam pertumbuhan ujung dan bulu-bulu akar dan batang, pembentukan biji serta dapat meningkatkan kemampuan tanaman beradaptasi terhadap senyawa atau suasana kurang menguntungkan pada tanah. Dengan demikian kalsium tentunya sangat berdampak pada kesuburan tanah.

2.9.7 Enzim biokatalik

Menurut Putra (2020) enzim merupakan biokatalisator yang berfungsi sebagai katalis dalam fungsi biologis yang dapat meningkatkan reaksi kimia, dimana suatu enzim dapat mempercepat laju reaksi 10^8 sampai 10^{11} kali lebih cepat dibandingkan ketika reaksi tidak menggunakan katalis. Biokatalis yang lebih unggul dibandingkan dengan katalis kimia (konvensional) karena biokatalis memiliki kelebihan diantaranya merupakan sumber terbarukan, bersifat biodegradable, memiliki toleransi yang cukup baik terhadap pH dan temperatur

sehingga dapat aktif dalam rentang tertentu (tidak harus pada satu titik pH/temperatur saja).

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan oleh Arun dan Sivashanmugam (2015) karakterisasi jenis enzim yang terdapat pada *eco enzyme* dimana terbuat dari buah-buahan terbukti mengandung enzim biokatalitik diantaranya amilase, protease dan lipase. Enzim-enzim tersebut memiliki sifat biokatalisator yang dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi zat pencemar pada air limbah (Wang *et al*, 2016). Penjelasan enzim amilase, protease dan lipase dapat diuraikan sebagai berikut:

2.9.7.1 Enzim amilase

Menurut Fathurahman (2019) enzim amilase berperan penting dalam proses konversi pati menjadi sirup maltosa dan fruktosa. Amilase (*Alpha-amylase*) adalah enzim yang mengkatalisis hidrolisis dari alpha -1, 4-glikosidik amilosa pati menghasilkan glukosa. Amilase dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti tanaman, hewan dan mikroorganisme. Adapun fungsi utama dari enzim amilase adalah untuk memecah pati dalam makanan sehingga dapat digunakan oleh tubuh. Amilase juga disintesis dalam buah tanaman selama pematangan sehingga menyebabkan buah menjadi lebih manis. Enzim amylase banyak digunakan dalam industri seperti industri pembuatan dan fermentasi bir untuk konversi pati menjadi gula terfermentasi. Pada industri tekstil, amilase digunakan untuk merancang tekstil, kemudian pada industri deterjen, amilase tercampur dengan enzim protease dan lipase sebagai pencuci noda pakaian.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Subbiya A dkk dalam Imelda dkk (2020) pada *eco enzyme* yang berasal dari buah mangga diketahui memiliki sifat antimikroba karena mangga memiliki enzim amilase dan juga mangiferin yang kaya akan polifenol dan dapat menghambat pertumbuhan bakteri pathogen *Enterococcus faecalis* yang dapat menyebabkan pertumbuhan karang gigi.

2.9.7.2 Enzim lipase

Menurut Soleha dan Agustini (2021) enzim lipase (*triacylglycerol hydrolases*) adalah enzim golongan hidrolase yang mengkatalisis proses hidrolisis trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak bebas. Lipase berfungsi sebagai katalisator dalam hidrolisis lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Fungsi enzim lipase sebagai biokatalisator yaitu mempercepat reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi dapat berlangsung lebih cepat pada suhu atau kondisi normal. Enzim lipase memiliki sifat biokatalisator yang dapat membantu proses degradasi surfaktan dalam deterjen. Berdasarkan hasil penelitian pendahulu diketahui bahwa enzyme lipase dari *eco enzyme* mampu mempercepat laju reaksi degradasi (Arun dan Sivashanmugam,2015).

2.9.7.3 Enzim protease

Menurut Nainggolan (2019) enzim protease merupakan enzim biokatalitik yang dapat memecah ikatan peptida diantara asam-asam amino. Enzim ini akan mengkatalisis reaksi hidrolisis, yaitu reaksi yang melibatkan air pada ikatan spesifik substrat. Enzim ini termasuk dalam kelas utama enzim golongan hidrolase. Protease merupakan enzim industri yang penting. Enzim ini digunakan terutama dalam industri detergen, farmasi, kulit, makanan, film, dan pengolahan limbah. Protease-protease diproduksi secara komersial dari bakteri dan jamur. Protease sebagai salah satu enzim industri, menguasai 60 % total pemasaran enzim dunia. Penggunaan enzim protease dalam berbagai produk komersial semakin luas sejalan dengan kemajuan dalam bidang bioteknologi. Protease dimanfaatkan dalam bidang industri antara lain dalam pengolahan pangan, penyamakan kulit, deterjen, dan pengolahan limbah cair.

2.10 Jurnal Terkait Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang dijadikan sebagai acuan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Studi terdahulu yang relevan dengan penelitian

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Imam Abu Hanifah, Ni Putu Vidya Primarista, Sasangka Prasetyawan, Anna Safitri, Tri Adyati, Arie Srihadyastutie, 2021	<i>The Effect of Variations in Sugar Types and Fermentation Time on Enzyme Activity and Total Titrated Acid on Eco enzyme Results of Fermentation</i>	Jenis gula yang digunakan dalam pembuatan <i>eco enzyme</i> yang melalui proses fermentasi mempengaruhi aktivitas enzim dalam produk. Gula <i>molasses</i> menghasilkan aktivitas enzim paling besar dibandingkan jenis gula lainnya. Namun aktivitas enzim lipase menurun pada penggunaan gula kelapa putih dan gula merah seiring dengan bertambahnya umur fermentasi. Sedangkan persentase asam total yang dititrasi meningkat pada penggunaan <i>molasses</i> tetapi cenderung stabil pada gula kelapa putih dan gula merah.
2.	Supriyani, Andari Puji Astuti, dan Endang Tri Wahyuni Maharani, 2020	Pengaruh Variasi Gula Terhadap Produksi <i>Eco enzyme</i> Menggunakan Limbah Buah Dan Sayur	<i>Eco enzyme</i> yang menggunakan gula putih menghasilkan <i>eco enzyme</i> dengan jumlah volume sedikit yaitu 110 ml dan persentase volume <i>eco enzyme</i> terhadap kadar air mula-mula adalah 22%. Sedangkan <i>eco enzyme</i> yang menggunakan gula merah lebih banyak yaitu 830 ml dan persentase volume <i>eco enzyme</i> terhadap kadar air mula-mula adalah 116%. Produksi <i>eco enzyme</i> yang dilakukan dengan variasi gula dan limbah memberikan perbedaan pengaruh terhadap penampakan warna, gas yang keluar, aroma dan volume yang dihasilkan dari masing-masing variabel yang digunakan.
3.	Nur Faidah Munir, Sriwati Malle, dan Nurul Huda, 2021	Karakteristik Fisikokimia <i>Eco enzyme</i> Limbah Kulit Jeruk <i>Pamelo (Citrus Maxima (Burm.</i>	Parameter fisik berupa aroma dan warna menunjukkan bahwa <i>eco enzyme</i> yang dihasilkan dari ketiga perlakuan memiliki aroma khas fermentasi berupa aroma asam segar. Larutan <i>eco enzyme</i> berwarna keruh menunjukkan adanya aktivitas

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
		<i>Merr.</i> Dengan Variasi Gula	mikroorganismen selama fermentasi. Nilai pH tertinggi pada perlakuan A1 yaitu gula kelapa sebesar 4,35 dan terendah pada perlakuan A3 yaitu gula pasir sebesar 4,05. Sedangkan kadar alkohol tertinggi terdapat pada perlakuan A2 yaitu gula aren sebesar 4,56% dan terendah pada perlakuan A3 sebesar 3,40%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan variasi gula memberikan pengaruh yang nyata pada pembuatan <i>eco enzyme</i> limbah kulit jeruk pamento.
4.	Rivo Yulse Viza, 2022	Uji Organoleptik <i>Eco enzyme</i> Dari Limbah Kulit Buah	Kombinasi limbah kulit buah yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan <i>eco enzyme</i> menunjukkan adanya perbedaan dan pengaruh terhadap warna, aroma, kadar air dan pH <i>eco enzyme</i> yang dihasilkan. Aroma dari semua varian <i>eco enzyme</i> adalah beraroma asam segar. Produk <i>eco enzyme</i> mengalami perubahan warna menjadi coklat tua pada variabel 4. Selain itu, volume produk <i>eco enzyme</i> mengalami penambahan pada variabel 1, 2 dan 4 dengan kadar pH semua produk <i>eco enzyme</i> yang dihasilkan yaitu berkisar antara 2,4 – 2,8.
5.	Karuna Neupane dan Rama Khadka, 2019	<i>Production of Garbage Enzyme from Different Fruit and Vegetable Wastes and Evaluation of Its Enzymatic and Antimicrobial Efficacy</i>	Limbah buah dan sayuran yang berbeda menunjukkan aktivitas enzim dan aktivitas antimikroba yang berbeda. Semua sampel menunjukkan aktivitas enzim amilase, hanya Nanas (<i>Ananas comosus</i>), Pepaya (<i>Carica papaya</i>) dicampur yang menunjukkan aktivitas enzim protease sedangkan hanya Delima (<i>Punicagranatum</i>) yang menunjukkan aktivitas enzim lipase. Pada

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			uji efektifitas antimikroba, <i>eco enzyme</i> yang dihasilkan dari sampel sayuran tidak menunjukkan aktivitas antimikroba dengan bakteri yang digunakan kecuali <i>E-Coli</i> (ATCC 25922) dan <i>S.aureus</i> (ATCC 25923).
6.	Lapsia Vama And Makarand N. Cherekar, 2020	<i>Production, Extraction And Uses Of Eco enzyme Using Citrus Fruit Waste: Wealth From Waste</i>	<i>Eco enzyme</i> memiliki aroma fermentasi manis dan asam yang kuat karena kulit buah jeruk. <i>Eco enzyme</i> yang dihasilkan menggunakan kulit buah, air dan gula merah dengan perbandingan 3:10:1. Setelah inkubasi filtrat diperoleh, ditemukan flavonoid, alkaloid, kuinon, saponin dengan metabolit yang berbeda. Spektrum IR-nya menunjukkan adanya gugus -OH, COOH. juga, amilase, protease dan lipase ditemukan dalam filtrat. Pada jurnal ditemukan pula penerapan sebagai pembersih lantai, peralatan, berkebun, dan lain-lain. Penerapan <i>eco enzyme</i> juga untuk mendaur ulang dan menggunakan kembali limbah alam akan membantu mengurangi limbah buah, ramah lingkungan, ekonomis dengan aplikasi multiguna.
7.	Rusdianasari, Adi Syakdani, Muhammad Zaman, Febby Fitria Sari, Nabila Putri Nasyta, dan Rizka Amalia, 2021	<i>Utilization of Eco enzyme from Fruit Skin Waste as Hand Sanitizer</i>	Cairan <i>eco enzyme</i> memiliki kandungan alkohol dan asam asetat. Alkohol dan asam asetat dihasilkan dari proses metabolisme bakteri yang secara alami ada di sisa buah dan sayuran. Analisis yang dilakukan pada <i>eco enzyme</i> meliputi uji pH dan uji penapisan fitokimia. Nilai pH yang diperoleh pada <i>eco enzyme</i> dengan lama fermentasi 2,5 bulan adalah 3, sedangkan nilai pH pada <i>eco enzyme</i> dengan lama

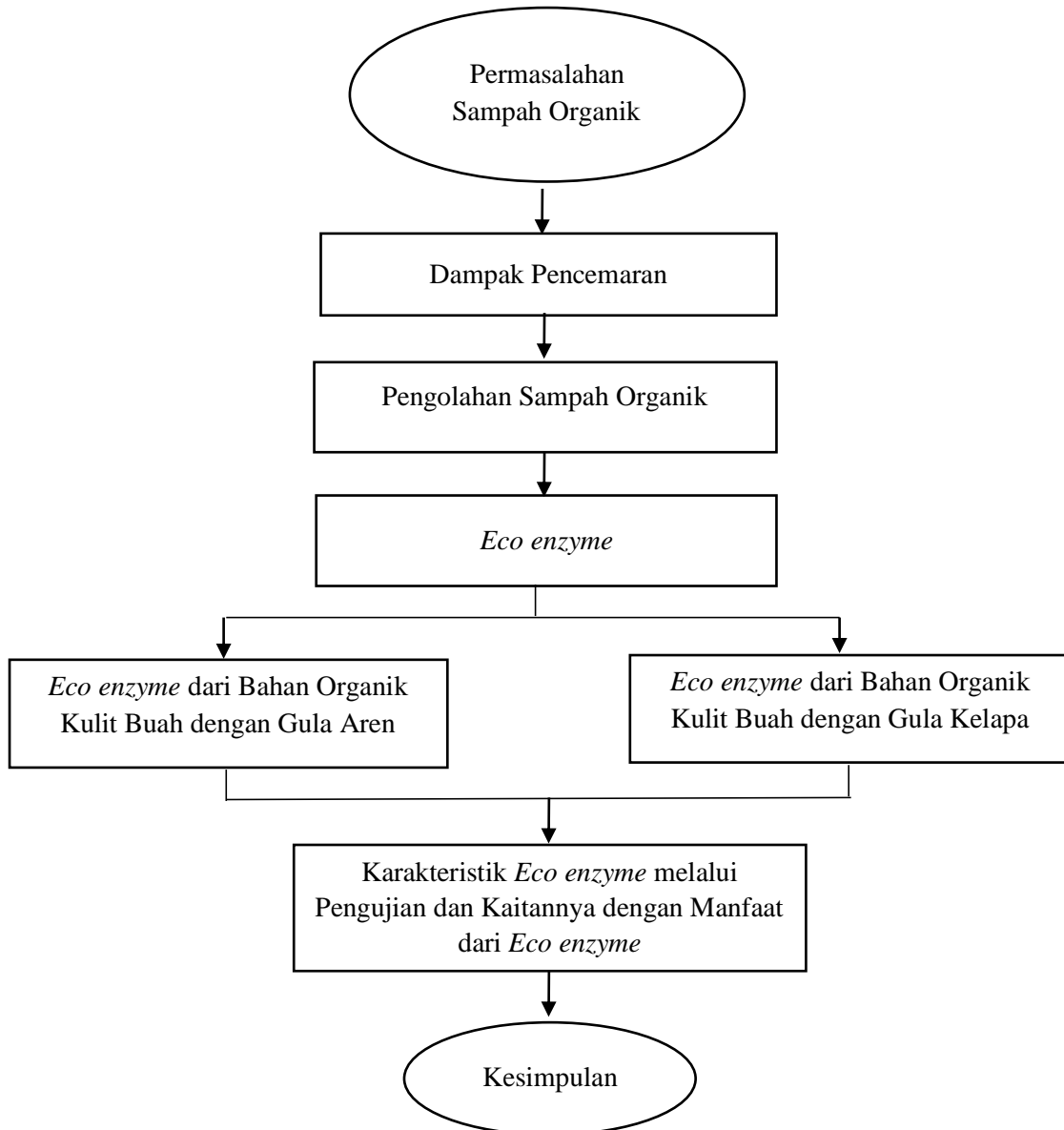
No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			fermentasi 3 bulan adalah 1,5. <i>Eco enzyme</i> dengan waktu fermentasi 3 bulan mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin. Berdasarkan hasil analisis, tidak semua sampel hand sanitizer memenuhi standar SNI, sampel terbaik didapatkan pada hand sanitizer dengan lama fermentasi <i>eco enzyme</i> 3 bulan dan rasio pengenceran 5:40 dimana nilai pH 5, tingkat aroma terbaik pada hand sanitizer 2,40 level warna terbaik 2,46.
8.	Neny Rochyani, Rih Laksmi Utpalasari, Inka Dahliana, 2020	Analisis Hasil Konversi Eco Enzyme Menggunakan Nenas (<i>Ananas Comosus</i>) Dan Pepaya (<i>Carica Papaya L.</i>)	Berdasarkan hasil analisis sampel hasil fermentasi <i>eco enzyme</i> dari buah nanas dan pepaya menunjukkan bahwa parameter pH untuk kedua buah cenderung asam yaitu pada 3,15 dan 3,29 selanjutnya untuk TDS memiliki kecenderungan yang relatif dekat yaitu, 1132 mg/l untuk nenas dan 1188 mg/l untuk pepaya. Diketahui juga bahwa larutan <i>eco enzyme</i> bermanfaat untuk berbagai kegiatan rumah tangga sekaligus dalam pengolahan air limbah.
9.	Septi Presenta Dewi, Silvia Devi, dan Sania Ambarwati, 2021	Pembuatan dan Uji Organoleptik <i>Eco enzyme</i> dari Kulit Buah Jeruk	Berdasarkan hasil uji organoleptik, karakteristik dari produk <i>eco enzyme</i> yang dihasilkan pada penelitian ini adalah untuk aroma produk <i>eco enzyme</i> yang dihasilkan memiliki aroma asam kulit jeruk yang menyengat dan segar. Aroma asam yang dihasilkan berasal dari asam asetat yang terdapat dalam cairan produk <i>eco enzyme</i> tersebut dan berkhasiat sebagai desinfektan. Untuk warna semua produk <i>eco enzyme</i> mengalami perubahan warna menjadi coklat keruh. Adanya warna coklat keruh

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			dikarenakan warna asal gula jawa yang digunakan adalah coklat yang kemudian tercampur dengan ampas/residu dari kulit buah jeruk. Untuk volume terjadi penurunan volume <i>Eco enzyme</i> ketika proses fermentasi telah selesai. Adanya penurunan volume pada proses fermentasi disebabkan karena adanya produksi gas.
10.	C. Arun dan P. Sivashanmugam, 2015	<i>Inverstigation of Biocatalytic Potential of Gargabe Enzyme and its influence on stabilization of Industrial Waste Activated Sludge</i>	<i>Eco enzyme</i> yang telah difermentasi, diuji untuk aktivitas biokatalitik, hasilnya garbage enzyme menghasilkan enzim protease, amilase, dan lipase yang dapat mendegradasi protein, karbohidrat, dan lemak pada sludge. Aktivitas antimikroba paling efektif pada konsentrasi garbage enzyme 150 ml pengenceran 15% pada pH 7. Efektifitas garbage enzyme terhadap air limbah paling efektif pada pengenceran 15%, yang mampu mereduksi 37,2% TSS dan 38,6% SS. Efektifitas garbage enzyme dalam mereduksi total colifom sangat baik dengan nilai persentase mencapai 99%..
11.	Muhammad Rijal Surati, Abdollah. dkk, 2021	<i>Eco enzyme</i> Dari Limbah Tanaman Maluku	<i>Eco enzyme</i> berbahan limbah tanaman lokal Maluku memiliki warna kecoklatan, berbau asam dan memiliki kadar alkohol negatif. Selain itu, masing-masing <i>eco enzyme</i> yang dihasilkan memiliki kadar asam asetat yang bervariasi dengan kadar tertinggi adalah 1,02%
12.	Afika Nazurahani, Ribka Novita C. Pasaribu dan	Pembuatan <i>Eco enzyme</i> sebagai Upaya Pengolahan	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>

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
	Ayu Putri Nigsih, 2022	Limbah Rumah Tangga	mengalami penambahan volume. Penambahan volume produk dikarenakan kadar air dari masing-masing kulit buah yang berbeda. <i>Eco enzyme</i> jika di produksi dengan baik dan secara luas ke masyarakat maka dapat mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah sampah organic dari kegiatan rumah tangga.
13.	Susmitha Sambraju dan V. Sree Lakshmi, 2020	<i>Eco-friendly Treatment of Dairy Wastewater Using Garbage Enzyme</i>	Garbage enzyme digunakan dalam pengujian BOD adalah dengan pH 4,0 dan 6,5 serta waktu kontak bervariasi. Garbage enzyme dengan pH mendekati netral (6,5) dengan waktu kontak 60 jam mampu mereduksi sekitar 20-25% BOD dan lebih baik dibandingkan dengan garbage enzyme dengan pH 4,0.
14.	A. Mahdia, P. A. Safitri, R. F. Setiarini, V. F. A. Maherani, M. N. Ahsani, dan M. S. Soenarno, 2019	Analisis Keefektifan <i>Eco enzyme</i> sebagai Pembersih Kandang Ayam dari Limbah Buah Jeruk (<i>Citrus sp.</i>)	Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa <i>eco enzyme</i> sebagai cairan pembersih kandang dapat menghambat pertumbuhan kedua mikroba. Pengujian aplikasi <i>eco enzyme</i> pada kandang ayam menggunakan metode swab menunjukkan hasil yang lebih efektif dibandingkan dengan detergen dan air, yaitu pengurangan jumlah bakteri sebelum dan sesudah disemprotkan cairan pembersih adalah 15 CFU/ml, sedangkan cairan detergen hanya 3 CFU/ml dan air tidak mampu menurunkan jumlah bakteri
15.	Indo S. Bulai, Haruna Adamu, Yuguda A. Umar, dan Ahmed Sebo, 2021	<i>Biocatalytic Remediation of Used Motor Oil Contaminated Soil by Fruit Garbage Enzymes</i>	<i>Eco enzyme</i> berbahan limbah buah dengan pengenceran 5% dan 10% masing-masing dapat mereduksi 47%; 58% oil and grease dan mereduksi 62%; 71% Total Organic Carbon (TOC). Sedangkan, <i>eco enzyme</i> berbahan limbah buah semangka masing-

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			masing dapat mereduksi 41%; 52% oil and grease dan mereduksi 45%;39% Total Organic Carbon (TOC).

2.11 Kerangka Berpikir



Gambar 2 Kerangka berpikir