

SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan oleh:

AULIA KIRANA YULIADI

D131 18 1022



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

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

Disusun dan diajukan oleh

Aulia Kirana Yuliadi
D131181022

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 3 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



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

Pembimbing Pendamping,



Nur An-nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc
NIP 199201142019016001

Ketua Departemen Teknik Lingkungan,



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



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Aulia Kirana Yuliadi

NIM : D131181022

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Identifikasi Karakteristik *Eco enzyme* dari Bahan Organik Sayuran 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 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, 22 Mei 2023

Yang Menyatakan



Aulia Kirana Yuliadi



ABSTRAK

AULIA KIRANA YULIADI. *Identifikasi Karakteristik Eco enzyme dari Bahan Organik Sayuran dengan Variasi Gula Aren dan Molases* (dibimbing oleh Roslinda Ibrahim dan Nur An-Nisa Putry Mangarengi)

Permasalahan sampah sisa makanan mulai menjadi topik yang mengkhawatirkan. Komposisi terbesar sampah dunia adalah *food and green waste* dengan persentase rata-rata lebih dari 50%. Upaya dalam mereduksi *food and green waste* dapat dilakukan dengan pengomposan anaerobik melalui *eco enzyme*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik *eco enzyme* yang dihasilkan dari sayuran dengan penambahan gula aren dan molases serta untuk menganalisis manfaat *eco enzyme* berdasarkan hasil uji karakteristik *eco enzyme*.

Pembuatan *eco enzyme* menggunakan metode oleh Dr. Rosukon dengan rasio 1:3:10 untuk masing-masing gula, sampah/bahan organik, dan air. *Eco enzyme* kemudian difermentasikan selama 90 hari. Dalam penelitian ini dilakukan identifikasi berdasarkan parameter pH, aroma, warna, asam asetat, fosfor, klorin, kalsium, enzim amilase, enzim lipase, dan enzim protease.

Hasil penelitian ini menunjukkan karakteristik nilai pH <4, beraroma khas fermentasi, berwarna kecoklatan, serta mengalami peningkatan volume dan penurunan massa bahan organik. *Eco enzyme* dengan penggunaan gula aren memiliki kandungan enzim lipase dan enzim amilase yang lebih besar. *Eco enzyme* dengan penggunaan molases lebih dominan di beberapa parameter, seperti asam asetat, fosfor, klorin, kalsium, dan enzim protease. *Eco enzyme* di dalam penelitian ini dapat dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai pupuk organik cair yang dipengaruhi oleh kandungan fosfor sebesar 3,63% yang sesuai dengan standar teknis minimal pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenahan tanah, yaitu dengan nilai berkisar 2-6% oleh Keputusan Menteri Pertanian RI No 261 tahun 2019.

Kata Kunci: *Eco enzyme*, Gula Aren, Molases, Sayuran



ABSTRACT

AULIA KIRANA YULIADI. *Identification of Eco enzyme Characteristic from Vegetable Organic Waste with The Variations of Palm Sugar and Molasses* (supervised by Roslinda Ibrahim and Nur An-Nisa Putry Mangarengi)

The problem of food wastage is becoming an increasingly worrying topic. The largest composition of world waste is food and green waste with an average percentage of more than 50%. One of the ways to reduce food and green waste is through an anaerobic composting with *eco enzyme*.

This study aims to identify the characteristics of *eco enzymes* produced from vegetables organic waste with the addition of palm sugar and molasses and to analyze the benefits of *eco enzymes* based on the results of *eco enzyme* characteristic.

Eco enzyme were prepared using Dr. Rosukon's method from the wastes mentioned which involves the variation of palm sugar and molasses along with the wastes and water in the ratio of 1:3:10. The eco-enzyme solution was then allowed to be prepared through 90 days of fermentation process. The characteristics were carried out based on the parameters of pH, aroma, color, acetic acid, phosphorous, chlorine, calcium, amylase enzymes, lipase enzymes, and protease enzymes.

The result of this research demonstrate several key characteristics. The pH value was consistently below 4, indicating an acidic environment. The aroma exhibited distinctive fermentation attributes, and the coloration tended towards brown. Moreover, there was a noticeable increase in volume accompanied by a decrease in the mass of organic matter. When utilizing palm sugar as a substrate, the eco enzyme exhibited significantly higher levels of lipase and amylase enzymes. Conversely, in the case of molasses usage, the eco enzyme displayed dominance in various parameters, including acetic acid, phosphorus, chlorine, calcium, and protease enzyme activity. Consequently, the eco enzyme developed in this study holds potential for utilization as a liquid organic fertilizer. Notably, it complies with the minimal technical standards for organic fertilizers, biofertilizers, and soil improvement, particularly with regard to its phosphorus content, which measures at 3.63%. This aligns with the guidelines established by the Minister of Agriculture of the Republic of Indonesia in Regulation No. 261 of 2019, which stipulates a range of 2-6% for phosphorus content in such products.

Keywords: *Eco enzyme*, Palm Sugar, Molasses, Vegetable Organic Waste



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan	4
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Limbah	6
2.2 Sampah Organik.....	8
2.3 Pengertian <i>Eco enzyme</i>	8
2.4 Manfaat Eco Enzme	9
2.5 Bahan Organik	12
2.6 Gula	15
2.7 Proses Fermentasi.....	17
2.8 Parameter Uji	18
2.9 Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Rancangan Penelitian.....	28
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	29
3.3 Alat dan Bahan.....	30
3.4 Populasi dan Sampel	30
3.5 Tahap Pelaksanaan Penelitian	30
3.6 Teknik Pengumpulan Data.....	38
3.7 Teknik Analisis	38
3.8 Diagram Alir Penelitian	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Karakteristik <i>Eco enzyme</i>	41
4.2 Perbandingan Karakteristik <i>Eco enzyme</i> Berdasarkan Jenis Gula	61
4.3 Analisis Manfaat <i>Eco enzyme</i>	78
4.4 Kesimpulan dan saran	83
4.5 Lampiran	83
4.6 Daftar Pustaka	84
4.7 Lampiran	96



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian	29
Gambar 2 Desain Wadah Penelitian	31
Gambar 3 Perubahan Warna <i>Eco enzyme</i> Gula Aren.....	46
Gambar 4 Perubahan Warna <i>Eco enzyme</i> Molases	46
Gambar 5 Perbandingan Volume dan Massa Bahan Organik Berdasarkan Variasi Jenis Gula.....	61
Gambar 6 Grafik Perbandingan Nilai pH untuk Variasi Jenis Gula	65
Gambar 7 Perbandingan Kadar Asam Asetat Berdasarkan Variasi Jenis Gula	68
Gambar 8 Perbandingan Kadar Klorin Berdasarkan Variasi Jenis Gula	69
Gambar 9 Perbandingan Kadar Fosfor Berdasarkan Variasi Jenis Gula	70
Gambar 10 Perbandingan Kadar Kalsium Berdasarkan Variasi Jenis Gula	71
Gambar 11 Perbandingan Aktivitas Enzim Amilase	73
Gambar 12 Perbandingan Aktivitas Enzim Lipase Berdasarkan Jenis Gula	75
Gambar 13 Perbandingan Aktivitas Enzim Protease Berdasarkan Jenis Gula	77



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Komposisi Gula Aren.....	16
Tabel 2 Komposisi Molases	17
Tabel 3 Penelitian Terdahulu yang Relevan dengan Penelitian	23
Tabel 4 Matriks Penelitian	28
Tabel 5 Formulasi Pembuatan <i>Eco enzyme</i>	32
Tabel 6 Metode Pengujian Karakteristik <i>Eco enzyme</i>	33
Tabel 7 Hasil Pengamatan Volume dan Massa Bahan Organik <i>Eco enzyme</i> Gula Aren	41
Tabel 8 Hasil Pengamatan Volume dan Massa Bahan Organik <i>Eco enzyme</i> Molases.....	42
Tabel 9 Hasil Pengamatan Aroma <i>Eco enzyme</i> Gula Aren.....	43
Tabel 10 Hasil Pengamatan Aroma <i>Eco enzyme</i> Molases	44
Tabel 11 Hasil Pengamatan Warna <i>Eco enzyme</i> Gula Aren	45
Tabel 12 Hasil Pengamatan Warna <i>Eco enzyme</i> Gula Aren	45
Tabel 13 Hasil Pengamatan pH <i>Eco enzyme</i> Gula Aren	47
Tabel 14 Hasil Pengamatan pH <i>Eco enzyme</i> Molases	47
Tabel 15 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Asam Asetat <i>Eco enzyme</i> Gula Aren	49
Tabel 16 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Asam Asetat <i>Eco enzyme</i> Molases.....	49
Tabel 17 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Klorin <i>Eco enzyme</i> Gula Aren	51
Tabel 18 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Klorin <i>Eco enzyme</i> Molases.....	51
Tabel 19 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Fosfor <i>Eco enzyme</i> Gula Aren	52
Tabel 20 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Fosfor <i>Eco enzyme</i> Molases.....	52
Tabel 21 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Kalsium <i>Eco enzyme</i> Gula Aren ...	54
Tabel 22 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Kalsium <i>Eco enzyme</i> Molases.....	54
Tabel 23 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Kalsium <i>Eco enzyme</i> Gula Aren ...	55
Tabel 24 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Kalsium <i>Eco enzyme</i> Molases.....	56
Tabel 25 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Aktivitas Enzim Lipase <i>Eco</i> <i>enzyme</i> Gula Aren	58
Tabel 26 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Aktivitas Enzim Lipase <i>Eco</i> <i>enzyme</i> Molases.....	58
Tabel 27 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Aktivitas Enzim Protease <i>Eco</i> <i>enzyme</i> Gula Aren	60
Tabel 28 Hasil Pengamatan dan Perhitungan Aktivitas Enzim Protease <i>Eco</i> <i>enzyme</i> Gula Aren	60
Tabel 29 Perbandingan Aroma <i>Eco enzyme</i> dengan Variasi Jenis Gula.....	63
Tabel 30 Perbandingan Warna <i>Eco enzyme</i> Variasi Jenis Gula.....	64
Tabel 31 Perbandingan nilai pH untuk Variasi Jenis Gula	65
Tabel 32 Perbandingan Konsentrasi Asam Asetat Variasi Jenis Gula.....	67
Perbandingan Kadar Klorin Berdasarkan Variasi Jenis Gula	69
Perbandingan Kadar Fosfor berdasarkan Jenis Variasi Gula	70
Perbandingan Kadar Kalsium Berdasarkan Variasi Jenis Gula	71
Perbandingan Aktivitas Enzim Amilase Berdasarkan Jenis Variasi Gula	72



Tabel 37 Perbandingan Aktivitas Enzim Lipase Berdasarkan Jenis Gula	74
Tabel 38 Perbandingan Aktivitas Enzim Protease Berdasarkan Jenis Gula	76
Tabel 39 Rekapitulasi Hasil Pengujian Parameter <i>Eco enzyme</i>	79



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/ Singkatan	Arti dan keterangan
%b/b	Persen bobot per bobot
AgNO ₃	Perak Nitrat
BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>
C ₆ H ₁₂ O ₆	Glukosa
Ca	Kalsium
CFU	<i>Colony Forming Unit</i>
CH ₃ COOH	Asam Etanoat/Asam Asetat
Cl	Klorin
CO ₂	Karbon Dioksida
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
COOH	Asam Karboksilat
EA	<i>Eco enzyme</i> Gula Aren
EDTA	Asam Etilen Diamina Tetra Asetat
EM	<i>Eco enzyme</i> Molases
H ₂ O	Air
H ₂ CO ₃	Asam Karbonat
HCl	Asam Klorida
M	Molaritas
mg/l	Milligram per liter
ml	Mililiter
mm	Milimeter
Na ₂ EDTA	Dinatrium Etilen Tetra Asetat
NaCl	Natrium Klorida
NaOH	Natrium Hidroksida
NO ₃ ⁻	Nitrat
O ₂	Oksigen
O ₃	Ozon
OTU	<i>Operational Taxonomic Unit</i>
P	Fosfor
PO ₄	Fosfat
pH	<i>Power of Hydrogen</i>
SNI	Standar Nasional Indonesia
TSS	Total Suspended Solid
U/ml	Unit per mililiter



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Metode Pengujian Sampel	97
Lampiran 2 Laporan Hasil Pengujian	107
Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian	112



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga bisa menyelesaikan dan menyusun tugas akhir dengan judul “Identifikasi Karakteristik *Eco enzyme* dari Bahan Organik Sayuran dengan Variasi Gula Aren dan Molases”. Shalawat serta salam penulis curahkan kepada Rasulullah SAW, yang telah mengantar umat manusia dari masa kegelapan menuju masa yang terang benderang.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada jenjang Strata-1 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 menyampaikan terima kasih 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. dan Bapak Prof. Baharuddin Hamzah, ST., MT., M. Arch selaku Dekan dan Wakil Dekan 1 Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
 3. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
 4. Bapak Dr. Ir. Achmad Zubair, M.Sc., selaku kepala Laboratorium Kualitas Air Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
 5. Ibu Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T. (Pembimbing I) dan Ibu Nur An-Nisa Putry Mangarengi, S.T., M.Sc. (Pembimbing II) atas bimbingan dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama masa penyusunan tugas akhir.
- Bapak Dr.Ir. Achmad Zubair, M.Sc. (Penguji I) dan Ibu Nurjannah Oktorina, S.T., M.T. (Penguji II) atas arahnya selama masa penyusunan tugas akhir.
- Terima kasih kepada Bapak/Ibu dosen dan staff Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmu dan masukan terhadap tugas akhir ini.



8. Kedua orang tua tersayang, Ayah Dr. Yuliadi., S.Pi., M.M. dan Ibu Dr. Asrianti Sani., S.Pi., M.P. serta adik-adikku, Muhammad Ali Akram Yuliadi dan Muhammad Alim Asyam Yuliadi atas doa tulus yang tiada henti-hentinya sehingga bisa sampai ke tahap akhir ini.
9. Partner penelitian, Suarni, Linda, dan Eva yang saling membantu, memotivasi, dan bertukar pendapat selama penelitian hingga proses penyusunan tugas akhir.
10. Era, Angeline, dan Indah yang telah menjadi teman selama masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir yang selalu memberikan semangat, dan bantuan.
11. Teman-teman Kelas B Lingkungan 2018 atas segala kebersamaan dan kekompakan selama masa perkuliahan
12. Teman-teman Lab Riset Kualitas Air yang selalu berbagi support dan bantuan.
13. Teman-teman Teknik Lingkungan 2018
14. Kanda-kanda senior serta adik-adik yang telah membantu selama masa perkuliahan.

Serta kepada seluruh pihak yang membantu selama penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi penyempurnaan tugas akhir ini. Besar harapan penulis, bahwa tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi lingkungan akademis Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan. Penulis juga memohon maaf atas kesalahan dan kekurangan selama penyusunan tugas akhir ini.

Makassar, 22 Mei 2023

Penulis



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengelolaan persampahan merupakan salah satu masalah lingkungan yang penting untuk diperhatikan. Pengelolaan persampahan yang buruk berkontribusi dalam perubahan iklim, polusi udara, kelangkaan air bersih, dan berdampak buruk bagi spesies dan ekosistem. Salah satu permasalahan persampahan adalah peningkatan produksi sampah yang terjadi tiap tahunnya. Permasalahan tersebut tidak hanya menjadi masalah di Indonesia, tetapi telah menjadi masalah global.

Pada tahun 2016, dunia menghasilkan 2,01 miliar ton sampah setiap tahun dan diperkirakan akan meningkat menjadi 3,40 miliar ton di tahun 2050 (Kaza et al., 2018). Di Indonesia, timbulan sampah pada tahun 2022 mencapai 35,25 ton/tahun dengan persentase sampah tidak terkelola sebesar 37,91% atau setara dengan 13,35 ton/tahun (SISPN-KLH, 2023). Adapun komposisi terbesar sampah dunia adalah *food and green waste* dengan persentase rata-rata lebih dari 50% (Kaza et al., 2018). Menurut data Dinas Lingkungan Hidup Kota Makassar dalam Asseng (2021), hal tersebut juga sejalan dengan Kota Makassar yang memiliki komposisi sampah terbesar berupa sampah organik, yaitu dengan nilai 58,42%.

Sampah organik merupakan sampah yang dihasilkan dari bahan hayati, seperti sisa makanan, sayuran, daun, dan buah-buahan. Sampah organik memiliki sifat mudah busuk karena memiliki kadar air yang tinggi sehingga dapat menimbulkan bau busuk. Dampak lainnya yaitu cairan dari sampah organik tersebut dapat mencemari air tanah dan merusak struktur unsur hara tanah (Chundari et al, 2019)

Salah satu upaya dalam mereduksi sampah organik adalah dilakukan pemanfaatan sampah organik. Salah satu pemanfaatan sampah organik yaitu pengomposan. Pengomposan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pengomposan aerobik dan anaerobik. Prinsip kerja metode pengomposan adalah menggunakan mikroorganisme dalam mengurai senyawa organik dengan/atau tanpa oksigen.

Enzyme merupakan salah satu jenis pengomposan dengan metode anaerobik bentuk cairan. *Eco enzyme* pertama kali diinisiasi oleh Dr. Rasukonvong asal Thailand yang telah melakukan penelitian *eco enzyme* sejak



tahun 1980-an menggunakan limbah organik hasil pertanian. Saat ini, penelitian *eco enzyme* telah banyak dilakukan dengan berbagai variasi sampah organik. Pembuatan *eco enzyme* menggunakan bahan utama sampah organik dari sayuran, kulit buah atau bahan organik hijau lainnya yang secara umum mengandung senyawa-senyawa organik, dan gula. Gula aren merupakan pemanis yang berasal dari tanaman jenis palem yang memiliki kandungan glukosa dan karbohidrat yang tinggi, sedangkan molases adalah hasil samping dari proses pembuatan gula tebu yang berbentuk cair cenderung kental dengan kandungan sukrosa dan karbohidrat. Adanya kandungan tersebut kemudian dapat menjadi sumber energi bagi mikroorganisme yang bekerja pada saat proses fermentasi *eco enzyme*.

Eco enzyme memiliki beragam manfaat dalam berbagai bidang, yaitu sebagai pereduksi bahan organik dalam air limbah (Joseph et al., 2021; Patel et al., 2021; Rasit & Chee Kuan, 2018), pestisida alami (Andriani et al., 2021), desinfektan dalam membunuh bakteri dan virus (Ginting et al., 2021; Rahayu et al., 2021), remediasi tanah tercemar (Bulai et al., 2021), cairan pembersih (Gu et al., 2021), pertumbuhan tanaman (Novianto, 2022), dan preservasi alami (Rista et al., 2020). Banyaknya manfaat *eco enzyme* ini tentu diikuti dengan banyaknya kandungan di dalamnya.

Penelitian *eco enzyme* dalam mendegradasi air limbah oleh Joseph et al., (2021) dilakukan dengan mengidentifikasi karakteristik biokatalitik, yaitu aktivitas enzim amilase, lipase, dan protease. Penelitian *eco enzyme* dalam mendegradasi air limbah dilakukan oleh (Patel et al., 2021) dengan membuat 3 jenis *eco enzyme* masing-masing menggunakan bahan organik, yaitu kulit jeruk, bunga marigold, dan daun mimba dengan mengidentifikasi karakteristik *eco enzyme* berupa pH dan TDS. Penelitian lainnya oleh Rasit & Chee Kuan, (2018) dilakukan dengan membuat *eco enzyme* menggunakan 4 jenis bahan organik, yakni kulit jeruk, kulit nanas, tomat, dan kulit mangga. Penelitian ini kemudian mengidentifikasi karakteristik *eco enzyme*, berupa pH, TS, TDS, TSS, dan COD, dan aktivitas enzim biokatalitik, yakni enzim amilase, lipase, dan protease. Penelitian di atas masing-masing hanya

akan 1 jenis dari 4 jenis bahan organik. Adapun karakteristik yang kasi pada penelitian tersebut adalah aktivitas biokatalitik enzim serta parameter lainnya seperti pH, TS, TDS, TSS, dan COD yang identik



dengan karakteristik air limbah. Pemilihan parameter tersebut cukup relevan dalam penelitian degradasi air limbah, namun kurang relevan jika digunakan untuk mengetahui karakteristik *eco enzyme* secara umum.

Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan *eco enzyme* berbahan organik sayuran dengan menggunakan 8 jenis bahan organik sayuran. Penggunaan bahan organik dengan berbagai macam variasi semakin memungkinkan lebih banyak variasi enzim yang akan dihasilkan *Eco enzyme* kemudian diuji karakteristiknya melalui 10 parameter berdasarkan manfaat-manfaat *eco enzyme*, yakni pH, aroma, warna, kalsium, klorin, fosfor, asam asetat, enzim amilase, lipase, dan protease. *Eco enzyme* yang telah diidentifikasi karakteristiknya kemudian dilakukan perbandingan antara *eco enzyme* dengan variasi gula aren dan molases untuk mengetahui efektifitasnya terhadap manfaat *eco enzyme*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, ditarik rumusan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik *eco enzyme* yang dihasilkan dari sayuran dengan penambahan gula aren atau molases?
2. Bagaimana perbandingan hasil uji karakteristik antara *eco enzyme* dari sayuran dan gula aren dengan *eco enzyme* dari sayuran dan molases?
3. Bagaimana kaitan antara hasil uji karakteristik *eco enzyme* terhadap manfaat dari *eco enzyme*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis karakteristik *eco enzyme* yang dihasilkan dari sayuran dengan penambahan gula aren dan molases.
2. Membandingkan hasil uji karakteristik antara *eco enzyme* dari sayuran dan gula aren dengan *eco enzyme* dari sayuran dan molases.



ganalisis kaitan antara hasil uji karakteristik *eco enzyme* terhadap manfaat *eco enzyme*.

1.4 Manfaat Penelitian/Perancangan

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Penulis

Penelitian ini dilakukan sebagai syarat dalam menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar sarjana teknik (ST) di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

2. Bagi Instansi Pendidikan

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengetahuan dan pengembangan riset, khususnya pada bidang *eco enzyme*.

3. Bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi dan pengetahuan mengenai karakteristik dan pemanfaatan *eco enzyme* bagi kehidupan sehari-hari.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian merupakan batasan masalah yang diteliti dengan tujuan agar penelitian terfokus dan sistematis. Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan dalam pembuatan *eco enzyme* yaitu 8 jenis sayuran (belimbing wuluh, labu kuning, labu siam, gambas, mentimun, terung, tomat, dan wortel), gula (gula aren dan molases), dan air dengan perbandingan bahan organik:gula:air yaitu 3:1:10.
2. Waktu fermentasi *eco enzyme* selama 3 bulan.
3. Pada proses fermentasi dilakukan uji pH setiap minggu.

Uji karakteristik *eco enzyme* dilakukan setelah proses fermentasi dengan melakukan uji enzim (lipase, amilase, dan protease), asam organik (asam asetat), kalsium, nitrogen, fosfor, dan organoleptik (warna dan aroma).

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab yang mencakup lingkup tersendiri. Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini sebagai berikut:



BAB I PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab landasan teori berisi referensi-referensi dan teori yang secara sistematis dapat mendukung penelitian ini. Landasan teori memuat definisi, konsep dan rancangan usulan terhadap penelitian yang akan dilaksanakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian memuat cara kerja penelitian secara sistematis yang memuat rancangan penelitian, teknik pengumpulan data, dan teknik analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab hasil dan pembahasan berisi hasil penelitian yang telah dilakukan. Hasil tersebut kemudian dikaitkan dianalisis dan dikaitkan dengan teori-teori dan rumusan masalah dalam penelitian ini.

BAB V PENUTUP

Bab penutup memuat penarikan kesimpulan terhadap hasil penelitian dan saran bagi laporan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Limbah

Limbah merupakan sisa suatu usaha atau kegiatan yang tidak memiliki nilai ekonomi dan daya guna lagi. Limbah dihasilkan oleh aktivitas makhluk hidup yang berbentuk padat, lumpur (*sludge*), cair maupun gas (Damanhuri & Padmi, 2010). Limbah tersebut pada akhirnya akan dilepaskan ke lingkungan. Dalam beberapa dekade terakhir telah terjadi urbanisasi yang cepat, industrialisasi yang meningkat, dan perkembangan konsumerisme yang menyebabkan peningkatan volume dan jenis sampah (Kumar, 2009). Adapun klasifikasi limbah berdasarkan wujudnya adalah sebagai berikut:

2.1.1 Limbah Cair

Limbah cair merupakan hasil buangan dari proses produksi atau aktivitas manusia berupa cairan. Jenis limbah cair menurut Peraturan Pemerintah RI No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan air dan pengendalian pencemaran air, yakni limbah cair domestik, limbah cair industri, rembesan dan luapan, dan air hujan.

2.1.2 Limbah Gas

Limbah gas merupakan sisa hasil pembakaran atau pembusukan berbentuk gas yang menyebar melalui media udara. Limbah gas mencemari udara melalui partikel dan gas itu sendiri. Pencemar dengan jenis partikel umumnya dapat dilihat dengan kasat mata, misalnya uap air, kabut, asap, dan debu. Sedangkan, pencemar gas tidak dapat dilihat secara kasat mata, melainkan melalui indra penciuman. Jenis limbah gas yang umum adalah karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x), amonia (NH₄), dan lainnya (Sitorus et al., 2021)

2.1.3 Limbah Suara

Limbah suara berasal dari suatu suara atau bunyi bervolume tinggi yang membuat daerah sekitarnya menjadi bising sehingga menyebabkan makhluk hidup



1.

2.1.3 Limbah Padat

Limbah padat merupakan sisa hasil dari proses produksi atau aktivitas manusia berbentuk padat. Limbah padat juga diketahui dengan istilah sampah. Limbah padat menurut Paulus et al (2020) dapat dikelompokkan dalam delapan kelompok, yakni:

1. sampah organik mudah busuk (*garbage*), berasal dari bahan-bahan organik seperti sayur, buah-buahan, dan sisa makanan yang mudah busuk. Limbah jenis ini mudah terurai oleh mikroorganisme.
2. sampah anorganik tak membusuk (*rubbish*), yaitu limbah anorganik atau organik cukup kering yang sulit diuraikan oleh mikroorganisme. Contoh limbah jenis ini adalah plastik, kaca, logam, kertas, kayu, dan tulang.
3. sampah abu (*ashes*), merupakan limbah hasil pembakaran atau gunung meletus berupa abu yang memiliki ukuran kecil dan ringan, sehingga mudah terbawa oleh angin.
4. sampah bangkai binatang (*dead animal*), yaitu mencakup segala jenis binatang yang mati dan tidak segera dikuburkan.
5. sampah B3 (*hazardous waste*), yaitu jenis limbah yang berbahaya bagi makhluk hidup. Limbah B3 mengandung senyawa toksik, eksplosif, korosif, mudah terbakar, dan karsinogenik, sehingga diperlukan perlakuan yang berbeda, seperti pemisahan tempat penyimpanan limbah B3. Contoh limbah B3 yaitu limbah sisa pestisida, insektisida, kaleng bekas bahan kimia, baterai, dan lainnya.
6. sampah industri (*industrial waste*), yaitu limbah yang berasal dari seluruh kegiatan industri mencakup sisa makanan, lumpur-lumpur sisa industri, sampah kertas, kabel, oli, kayu bekas, dan lainnya.
7. sampah hasil penghancuran bangunan (*demolition waste*), yaitu limbah yang berasal dari penghancuran gedung, jalanan, jembatan, atau bangunan lainnya. Contoh demolition waste yaitu bubur-bubur semen, kerikil, kayu, pasangan bata, besi tua, dan lainnya.



8. sampah sapuan (*street sweeping*), yaitu limbah padat hasil sapuan di berbagai jalan. Jenis limbah yang umum ditemukan pada jalanan yaitu sampah daun kering dan sampah plastik kemasan.

9. sewage solid, yaitu limbah padat yang tersaring pada *barscreen* sebelum diproses dalam pengolahan air.

2.2 Sampah Organik

Sampah organik merupakan sampah yang secara sifat mudah terurai secara biologi. Sampah organik mengandung berbagai nutrisi yang bermanfaat, seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalsium (Ca), magnesium (Mg) (Kadir et al., 2016). Sampah organik berdasarkan sumbernya dapat berasal dari daerah pertanian dan perkebunan, pemukiman (rumah tangga), dan lainnya. Sampah organik merupakan sampah dengan komposisi terbanyak di Indonesia dengan persentase sebesar 57%. Salah satu cara untuk dapat menurunkan persentase tersebut dapat dilakukan dengan pengomposan.

Pengomposan merupakan proses penguraian dari campuran bahan-bahan organik dengan memanfaatkan mikroorganisme dalam memecah material organik. Pengomposan dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pengomposan aerobik dan pengomposan anaerobik. Kedua jenis pengomposan dibedakan berdasarkan ada/tanpa penggunaan oksigen dalam prosesnya. Pengomposan aerobik yaitu penguraian bahan organik menggunakan mikroorganisme dengan oksigen yang tersedia, sedangkan pengomposan anaerobik yaitu penguraian bahan organik tanpa adanya oksigen yang berpotensi menghasilkan gas metan (Ardhianti et al., 2017).

2.3 Pengertian *Eco enzyme*

Eco enzyme merupakan cairan yang terbentuk dari hasil fermentasi limbah organik (buah dan sayuran) dengan kombinasi gula (gula aren, gula kelapa, atau molases), dan air. *Eco enzyme* terbentuk dari campuran zat komposit, seperti protein, garam, dan lainnya yang dihasilkan secara alami oleh bakteri dalam proses fermentasi eco enzim (Dhavale et al. 2020). *Eco enzyme* pertama kali ditemukan oleh Dr Rosukon Poompanvong, seorang peneliti dan pendiri Asosiasi Pertanian Organik Thailand yang telah melakukan penelitian eco enzim dalam 30 tahun terakhir. *Eco enzyme* juga dikenal dengan nama lain *garbage enzyme*, *bio enzyme*, *citrus enzyme*, dan lainnya (Sethi et al. 2021). *Eco enzyme* juga termasuk *homemade* yaitu sejenis cuka yang digunakan sebagai pembersih. *Eco*



enzyme matang menghasilkan cairan beraroma asam segar dan umumnya berwarna coklat pekat, tergantung dari bahan organik dan jenis gula yang digunakan.

2.4 Manfaat Eco Enzyme

Eco enzyme memiliki berbagai macam manfaat di berbagai bidang. Berikut adalah manfaat *eco enzyme*:

2.4.1 Limbah Cair

Eco enzyme dapat digunakan dalam pengolahan air limbah dengan mereduksi kandungan organik dalam air limbah. Penelitian Joseph et al., (2021) mengenai reduksi *eco enzyme* terhadap air limbah domestik menunjukkan hasil reduksi rata-rata BOD, COD, TDS, TSS, minyak & lemak, dan klorida masing-masing sebesar 75,97%; 90,80%; 93,57%; 94,35%; 99,3%; dan 90,81%. Dengan hasil tersebut, kualitas air limbah domestik uji telah memenuhi standar kualitas air Indian Bureau of Standards (BIS) untuk keperluan irigasi.

Penelitian *eco enzyme* lainnya dengan jenis bahan organik daun mimba dan kulit jeruk oleh Patel et al., (2021) menunjukkan hasil penurunan kadar COD air limbah domestik dari 1920 mg/L menjadi 1252 mg/L dan 1816 mg/L. Adapun penurunan kadar TDS oleh *eco enzyme* daun mimba dan kulit jeruk masing-masing dari 3800 mg/L menjadi 3600 mg/L dan 2900 mg/L.

Penelitian Rasit & Chee Kuan (2018) menunjukkan efektifitas penggunaan *eco enzyme* dalam mereduksi kandungan organik pada air limbah industri kelapa sawit. Hasilnya, *eco enzyme* dengan konsentrasi 15% efektif dalam mereduksi minyak dan lemak, yaitu sebesar 87%. *Eco enzyme* dengan konsentrasi 10% mampu mereduksi TSS sebesar 47% dan reduksi COD sebesar 20%.

2.4.2 Pestisida

Pestisida merupakan bahan pengendali organisme pengganggu tanaman. Pestisida berdasarkan bahan utamanya dibagi menjadi dua, yaitu pestisida kimia dan pestisida alami. Penggunaan pestisida kimia dan pestisida alami tentu memiliki dampak yang berbeda bagi lingkungan. Penelitian Andriani et al., (2021) terhadap kelompok tani wanita "Kembang Lestari" di Bali berhasil membuat *eco enzyme* dan

kasikannya pada kebun sayuran. Hasilnya, *eco enzyme* dapat alikan hama sebesar 80% diikuti dengan peningkatan produksi sayuran



sebesar 30%. Adapun hasil dari produksi tersebut adalah 100% sayuran organik karena menggunakan pestisida alami dan pupuk organik.

2.4.3 Desinfektan

Desinfektan merupakan bahan yang digunakan untuk menghambat atau membunuh bakteri dan virus. Desinfektan dapat dibuat menggunakan *eco enzyme* yang telah matang. Parameter dalam uji desinfektan yaitu besarnya daya hambat terhadap bakteri. Rahayu et al., (2021) dalam penelitiannya membuat desinfektan dari *eco enzyme* mendapatkan hasil daya hambat *eco enzyme* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* adalah sebesar 31,85-34,41 mm. Hasil tersebut lebih tinggi dari daya hambat kontrol positif terhadap antibiotik (*Amoxicilin*) dengan nilai rata-rata hanya 23,72 mm.

Penelitian lainnya oleh Ginting et al., (2021) menunjukkan *eco enzyme* yang dilarutkan dengan air suling dengan perbandingan 1:30 dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Esharchia coli* pada lantai dan saluran pembuangan cucian kandang peternakan babi. Nilai rata-rata daya hambat *eco enzyme* terhadap bakteri *Esharchia coli* adalah 6,90 mm.

2.4.4 Remediasi

Eco enzyme juga dapat digunakan dalam kegiatan remediasi daerah tercemar, seperti remediasi tanah. Bulai et al., (2021) melakukan penelitian manfaat *eco enzyme* dalam mereduksi tanah yang tercemar oleh oli bekas kendaraan. Hasilnya, *eco enzyme* berbahan jeruk dan berbahan semangka dapat mereduksi minyak dan lemak masing-masing hingga 58% dan 52%. *Eco enzyme* berbahan jeruk dan semangka juga dapat mereduksi *Total Organic Carbon* (TOC) masing-masing hingga 74% dan 39%.

2.4.5 Cairan Pembersih

Cairan pembersih merupakan salah satu produk yang dapat dimanfaatkan dari *eco enzyme*. *Eco enzyme* memiliki kandungan deterjen cukup baik yang penting dalam pembuatan cairan pembersih. Gu et al., (2021) membuat *eco enzyme* dengan kombinasi tanaman belalang madu cina. Pengujian *eco enzyme* dilakukan pada noda oli, dan noda pemutih dengan berbagai variasi konsentrasi *eco enzyme*. *eco enzyme* dapat menghilangkan noda tanah lebih efektif 1,44 kali dibandingkan dengan deterjen komersial. *Eco enzyme* dalam penelitian ini juga



digunakan sebagai pembersih bagi sayuran/buah yang mengandung pestisida. Pengujian dilakukan dengan mengamati residu dichlorovos dan klorpirifos yang merupakan insektisida dengan merendam sayuran pak-choi dalam larutan *eco enzyme* dalam lama waktu yang berbeda. Hasilnya, sayuran yang direndam selama 40 menit dengan *eco enzyme* mampu mereduksi kandungan dichlorovos dan kloropirifos masing-masing sebesar 21,97% dan 16,22%.

2.4.6 Pertumbuhan Tanaman

Eco enzyme juga bermanfaat dalam pertumbuhan tanaman. Penelitian Novianto (2022) menunjukkan bahwa *eco enzyme* yang digunakan sebagai pupuk alami dengan dosis 1,75ml/L secara signifikan sangat berpengaruh terhadap panjang akar dan kuantitas daun.

Penelitian lainnya oleh Hasanah, (2021) yaitu pengamatan penanaman padi dengan perlakuan *eco enzyme*. Hasil pengamatan menunjukkan peningkatan jumlah anakan padi, yaitu sebesar 35 anakan pada hari ke-50 setelah penanaman, sedangkan tanpa perlakuan *eco enzyme* hanya 28 anakan saja.

2.4.7 Preservasi

Preservasi alami buah dan sayuran dapat menggunakan cairan *eco enzyme*. Indikator keberhasilan *eco enzyme* sebagai preservasi alami yaitu kemunduran mutu. Kemunduran mutu merupakan kondisi yang terjadi pada buah dan sayuran ditandai dengan penurunan kadar air, layu, dan peningkatan pertumbuhan mikroorganisme. Rista et al., (2020) melakukan pengujian kemunduran mutu pada buah tomat dan stroberi dengan mengamati tekstur buah, aroma, dan spora jamur pada lapisan luar buah. Hasilnya, buah stroberi yang disemprotkan *eco enzyme* dengan konsentrasi 100% dan 50% masing-masing mengalami kemunduran mutu pada hari kelima dan hari keempat, sedangkan buah stroberi yang tidak disemprotkan *eco enzyme* mengalami kemunduran mutu pada hari ketiga. Adapun pada buah tomat yang disemprotkan *eco enzyme* dengan konsentrasi 100% dan 50% mengalami kemunduran masing-masing pada hari keenam dan kelima dan buah tomat yang tidak disemprotkan *eco enzyme* mengalami kemunduran mutu pada hari



2.5 Bahan Organik

Bahan organik dalam *eco enzyme* merupakan bahan utama yang diperlukan dalam pembuatan *eco enzyme*. Bahan organik dalam pembuatan *eco enzyme* dapat menggunakan semua sisa buah atau sayuran, kecuali yang telah dimasak (direbus, digoreng, ditumis), busuk, berulat, berjamur, berminyak (seperti kelapa dan ampasnya), dan bertekstur kering/keras (seperti kayu) (*Eco enzyme Nusantara*, 2021).

2.5.1 Belimbing Wuluh

Belimbing wuluh atau belimbing sayur (*Averhoa blimbi L.*) merupakan tanaman yang tumbuh di daerah yang terkena matahari langsung dengan kondisi cukup lembab. Karakteristik yang dimiliki oleh belimbing wuluh yaitu buahnya berbentuk lonjong dengan panjang 4-6 cm yang mempunyai kulit mengkilap berwarna hijau hingga kuning. Adapun kandungan kimia pada belimbing wuluh, yaitu mengandung senyawa saponin, tanin, glikosida, kalsium oksalat, dan tinggi vitamin C (Insan et al., 2019). Tanaman ini juga memiliki kandungan farmakoseutika, yaitu senyawa-senyawa yang bersifat buffer, antibakteria, dan antioksidan serta senyawa flavanoid yang merupakan salah satu antimikroba dengan fungsi sebagai pengganggu fungsi membran sitoplasma sehingga efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur, virus, dan bakteri (Yuliansyah et al., 2015)

2.5.2 Labu Kuning

Labu kuning (*Cucurbita moschata*) merupakan tanaman merambat yang tumbuh pada daerah relatif tinggi dengan suhu sekitar 25°-30°C. Labu kuning tergolong dalam jenis tanaman semusim, yaitu tanaman yang akan mati setelah berbuah. Karakteristik labu kuning yaitu memiliki kulit yang keras dan tebal, daging berwarna kuning/oranye, memiliki jonjot, dan memiliki biji yang diselimuti lendir dan serat. Labu kuning merupakan salah satu tanaman yang mengandung β -karoten tinggi yang berfungsi sebagai antioksidan untuk melindungi sel dan jaringan dari kerusakan oleh radikal bebas. Adapun kandungan lain yang terkandung di dalam labu kuning adalah vitamin A, Vitamin C, lemak, mineral, dan

at (P. Utami, 2008)



2.5.3 Labu Siam

Labu siam atau jipang (*Sechium edule*) merupakan tanaman merambat yang dapat merambat hingga 3-5 meter. Karakteristik tanaman ini yaitu memiliki batang yang lunak sehingga dapat melilit mengikuti tegakannya, kulit buah berwarna hijau muda dengan larik putih kekuningan, dan memiliki biji berwarna putih (Putri, 2012). Adapun beberapa kandungan kimia yang terkandung pada labu siam, yaitu asam amino, vitamin A, vitamin C, kalium, niasin, asam askorbat, saponin, flavonoid, dan protoantosianin (Saade, 1996).

2.5.4 Gambas

Gambas atau oyong (*Luffa acutangula*) merupakan tanaman yang dapat tumbuh di daerah dataran rendah hingga dataran tinggi dengan kondisi suhu 18-24°C. Tanah yang ideal untuk pertumbuhan gambas adalah tanah yang subur, gembur, mengandung humus tinggi, beraerasi dan berdrainase baik dengan rentang pH 5,5-6,8 (Edi & Bobihoe, 2010). Karakteristik buah gambas yaitu berbentuk lonjong dengan bagian ujung yang mengecil, berwarna hijau pucat, kulit keras, memiliki 5-7 sudut batang tidak berkayu, berbiji, dan daging buah berwarna putih dengan tekstur lunak (Vijayasanthi et al., 2017). Adapun kandungan kimia pada gambas, yaitu karoten, lemak, protein, karbohidrat, asam amino, alanin, arginin, glisin, cystin, asam glutamat, hidrosiprolin, leusin, serin, triptopan, saponin, dan flavonoid. Flavonoid adalah senyawa kimia yang berfungsi sebagai antioksidan, antivirus, antiradang, dan antitrombitik (Suharyanto & Hayati, 2021).

2.5.5 Mentimun

Mentimun, timun, atau ketimun (*Cucumis sativus L.*) merupakan tanaman merambat atau memanjat. Mentimun tergolong sebagai tanaman semusim yang dapat tumbuh pada daerah dataran tinggi berkisar 1-1000 mdpl dengan kondisi iklim kering, sinar matahari cukup dan temperatur berkisar 18°-25°C (Wijoyo, 2012). Karakteristik buah mentimun, yaitu berbentuk lonjong, elips, atau bulat panjang dengan panjang berkisar 9-17 cm. Warna buah mentimun juga bervariasi, yaitu hijau keputih-putihan, hijau, dan putih dengan motif lurik-lurik. Daging buah

putih dengan kandungan air tinggi dan terdapat biji buah yang menempel (et al., 2004). Kandungan gizi buah mentimun sangat banyak, yaitu protein, karbohidrat, kalsium, fosfor, vitamin B, vitamin C, niasin, karoten,



asetilkolin, serat, dan saponin. Kulit mentimun mengandung asam kafeik yang termasuk dalam golongan senyawa flavonoid yang dapat mengusir serangga dengan melemahkan saraf serangga hingga mati. Selain itu, terdapat pula kandungan senyawa saponin pada getah kulit mentimun yang efektif sebagai larvasida dengan merusak membran sel dan mengganggu proses metabolisme serangga (Syamsul & Eka, 2014 ; Rahmayanti et al., 2021).

2.5.6 Tomat

Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) merupakan tanaman yang termasuk dalam famili Solanaceae. Tanaman tomat berbentuk perdu atau semak dengan tinggi mencapai 2-3 meter lebih. Batang tanaman tomat berbentuk segi empat sampai bulat dengan permukaan batang ditumbuhi rambut halus. Daun tanaman tomat sangat khas, yaitu berbentuk oval, bergerigi, dan mempunyai celah yang menyirip. Warna buah tomat beragam, yaitu hijau bila masih muda, kuning atau oranye saat matang, dan merah saat masak (Mugiyanto & Nugroho, 2000). Buah tomat mengandung beberapa komposisi bermanfaat, seperti alkaloid solenoid, asam folat, protein, karbohidrat, lemak, kalsium, fosfor, zat besi, vitamin A, vitamin C, dan tinggi likopen (Siddiq, 2010). Likopen dapat mengendalikan radikal bebas 100 kali lebih efisien daripada vitamin E atau 12500 kali daripada glutathione (Maulida & Zulkarnaen, 2010).

2.5.7 Terung

Terung (*Solanum melongena* L.) merupakan tanaman yang dapat tumbuh pada daerah dengan iklim tropis dan subtropis. Batang tanaman terung berbentuk bulat, berbulu halus, tinggi 50-150 cm. Buah terung berbentuk oval, lonjong, atau bulat dengan warna kulit ungu mengkilap atau hijau putih. Buah terung yang matang berisi daging buah berwarna putih, berdaging tebal, lunak, berair dan berbiji banyak (Rokhim, 2021). Kandungan buah terung bervariasi dengan komponen protein, lemak, karbohidrat, dan serat. Buah terung juga kaya akan mineral, seperti kalsium, besi, magnesium, mangan, fosfor, kalium, dan seng serta berbagai vitamin, seperti vitamin A, vitamin B kompleks, asam askorbat, vitamin E, dan vitamin C (Rokhim & Ugur, 2020).



2.5.8 Wortel

Wortel (*Daucus carota* L) merupakan tanaman jenis umbi semusim yang berbentuk rumput. Tanaman wortel merupakan tanaman berakar tunggang dan serabut. Akar tunggang bertumbuh sebagai tempat penyimpanan makanan dan mengalami perubahan bentuk menjadi semakin besar, perubahan inilah yang disebut dengan umbi wortel. Kandungan dalam wortel sangat beragam dengan manfaat yang baik, seperti β -karoten sebagai antioksidan, mineral untuk menjaga keseimbangan air dalam tubuh, kandungan gula alami (fruktosa, detrosa, sukrosa, maltosa) sebagai sumber energi, dan tinggi vitamin A untuk mencegah rabun, mempercepat penyembuhan luka, dan kesehatan kulit (Habibi, 2016).

2.6 Gula

Gula merupakan pemanis yang mengandung glukosa/sukrosa sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme yang bekerja pada saat proses fermentasi. Jenis gula yang digunakan dalam penelitian ini adalah gula aren dan molases.

2.6.1 Gula Aren

Gula aren merupakan salah satu pemanis yang umum digunakan di Indonesia. Gula aren berasal dari tanaman aren (*Arenga Pinata* Merr.) yang merupakan jenis tanaman palem dengan kandungan fruktosa dan sukrosa yang tinggi. Nira aren segar merupakan bahan baku utama pengolahan gula aren. Penyadapan pohon aren dapat dilakukan sebanyak dua kali sehari dengan hasil nira sebanyak 3-10 liter atau sebanyak 300-400 liter per musim atau 900-1600 liter nira per tahun (Herayani, 2016).

Gula aren umumnya berbentuk tabung, silinder, atau batok kelapa, tergantung cetakan yang digunakan. Gula aren umumnya berwarna cokelat, semakin gelap warna gula aren semakin rendah pula kualitasnya (Pontoh, 2013). Gula aren memiliki beragam kandungan gizi, seperti glukosa, karbohidrat, lemak, vitamin A, vitamin B, kalsium, fosfor, besi dan sejumlah mineral (kalium dan natrium)(Herayani, 2016; Luis et al., 2012).



Tabel 1 Komposisi Gula Aren

Zat Gizi	Komposisi zat gizi per 100 gram	Satuan
Abu	1,0	gram
Air	7,0	gram
Besi (Fe)	3,0	gram
Energi	368	kalori
Fosfor (P)	35	milligram
Kalium (K)	390,4	miligram
Kalsium (Ca)	75	miligram
Karbohidrat	92	gram
Natrium (Na)	15	miligram
Niasin (C ₆ H ₅ NO ₂)	0,5	miligram
Protein		
Riboflavin (Vit. B2)	0,01	miligram
Sukrosa	79-95	%

Sumber: Tabel Komposisi Pangan Indonesia, KemenKes 2017

2.6.2 Molases

Molases atau tetes tebu merupakan hasil samping dari proses pembuatan gula tebu. Molases awalnya merujuk secara khusus pada efluen (limbah akhir) yang diperoleh dalam pembuatan sukrosa dengan penguapan berulang, kristalisasi, dan pemisahan jus (nira) dari tebu atau gula bit (Curtin, 1983). Saat ini molases digunakan sebagai komponen bahan baku dalam beberapa industri, yaitu industri pangan, pakan ternak, konstruksi, industri kimia, dan industri pertanian. Molases pada industri pangan digunakan sebagai bahan baku pembuatan alkohol/etanol. Pada industri pertanian digunakan sebagai aktivator dalam fermentasi pembuatan pupuk organik dan sebagai sumber makanan untuk penanaman jamur (H. N. Utami & Hasanah, 2017). Molases mengandung karbohidrat, sukrosa, vitamin (riboflavin, biotin, asam pantotenat, tiamin), asam amino, asam organik (aseton, sitrat, laktat, asetat), bakteri mesofilik dan termofilik, fosfor, dan sulfur (Binkley & Wolf from, 1953).



Tabel 2 Komposisi Molases

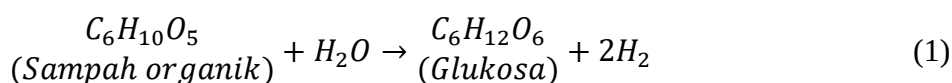
Zat Gizi	Komposisi zat gizi per 100 gram	Satuan
Abu	7,7	gram
Air	21,2	gram
Besi (Fe)	0,6	gram
Energi	276	kalori
Fosfor (P)	83	milligram
Kalsium (Ca)	6	miligram
Karbohidrat	71	gram
Lemak	0,1	gram
Natrium (Na)	15	miligram
Niasin (C ₆ H ₅ NO ₂)	14	miligram
Seng (Zn)	26,4	miligram
Tembaga (Cu)	0,04	miligram
Sukrosa	45-55	%
Protein	3	%

Sumber: Tabel Komposisi Pangan Indonesia, KemenKes 2019

2.7 Proses Fermentasi

2.7.1 Hidrolisis

Pada proses hidrolisis, terjadi reaksi oleh mikroorganisme yang mengubah partikulat substrat organik menjadi cairan monomer dan polimer, seperti protein, karbohidrat, dan lemak diubah menjadi asam amino, monosakarida, dan asam lemak. Sampah organik seperti sisa-sisa tumbuhan, serat tanaman, dedaunan, kayu, dan jerami mengandung banyak sumber selulosa, sehingga sampah organik secara umum digolongkan ke dalam senyawa selulosa (C₆H₁₀O₅). Reaksi hidrolisis sampah organik dipecah menjadi glukosa (C₆H₁₂O₆) dapat dilihat pada Persamaan 1.

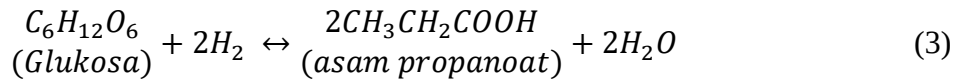


2.7.2 Asidogenesis

Pada tahap ini terjadi perubahan produk dari reaksi hidrolisis (glukosa) menjadi asam dengan ikatan pendek yang lebih sederhana, seperti rantai pendek asam volatil (asam propanoat), keton (etanol), dan alkohol. Reaksi konversi glukosa menjadi senyawa asam volatile dan keton dapat dilihat pada Persamaan 2 dan

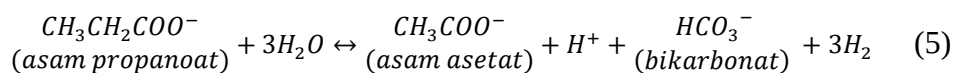
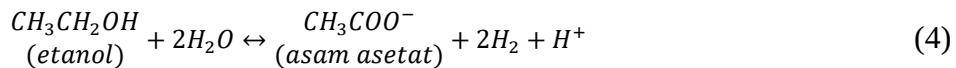
in 3.





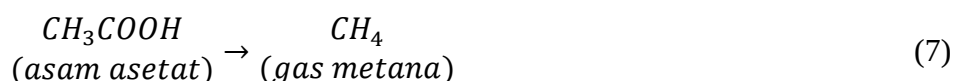
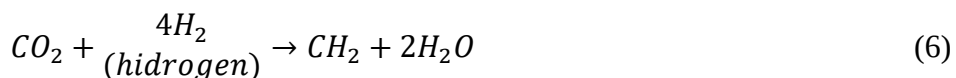
2.7.3 Asetogenesis

Tahap asetogenesis mengubah sisa produk asidogenesis menjadi hidrogen, karbondioksida, dan asam asetat. Reaksi pada Persamaan 4 menunjukkan konversi asam propanoat menjadi asam asetat dan Persamaan 5 menunjukkan konversi etanol menjadi asam asetat.



2.7.3 Metanogenesis

Tahap akhir proses fermentasi ialah tahap metanogenesis, yaitu mengubah hidrogen dan asam asetat menjadi gas metana dan karbondioksida. Bakteri yang bertanggungjawab dalam konversi ini disebut metanogen dan anaerob yang sempurna. Proses metanogenesis membutuhkan kondisi tertentu agar dapat berlangsung dengan efisien. Mikroorganisme metanogenik biasanya bekerja pada kondisi pH netral hingga sedikit basa dengan kisaran pH 6-8. Kondisi pH yang di luar rentang tersebut dapat menghambat aktivitas mikroorganisme metanogenik. Adapun reaksi konversi hidrogen dan asam asetat menjadi gas metana disajikan pada Persamaan 6 dan Persamaan 7.



2.8 Parameter Uji

2.8.1 pH

pH merupakan satuan ukuran yang menyatakan derajat keasaman atau kebasaan (alkalinitas) suatu larutan. Istilah pH berasal dari “p” yang jika di dalam matematika menunjukkan logaritma negatif, sedangkan “H” merupakan simbol kimia untuk hidrogen. Definisi pH secara terminologi yaitu suatu logaritma negatifitas ion hidrogen (Persamaan 8). pH diukur dalam skala 0-14. Nilai suatu larutan dengan rasio hubungan antara ion hidrogen $[H^+]$ dan konsentrasi ion $[OH^-]$. Nilai konsentrasi $[H^+]$ yang lebih besar dari konsentrasi $[OH^-]$



adalah termasuk larutan bersifat asam dengan nilai $pH < 7$. Nilai konsentrasi $[OH^-]$ lebih besar dari nilai konsentrasi $[H^+]$ adalah termasuk larutan bersifat basa dengan nilai $pH > 7$. Nilai konsentrasi yang sama antara $[H^+]$ dan $[OH^-]$ adalah netral dengan nilai $pH 7$.

$$pH = -\log[H^+] \quad (8)$$

Pengujian pH dilakukan untuk mengukur tingkat keasaman *eco enzyme*. *Eco enzyme* yang telah difermentasikan (matang) umumnya memiliki nilai $pH < 4$ yang berarti bersifat asam. Hasil *eco enzyme* yang cenderung asam berasal dari bahan-bahan organik yang digunakan, artinya semakin tinggi kandungan asam organik dari bahan organik tersebut, semakin rendah nilai pHnya (Rochyani et al., 2020).

2.8.2 Aroma

Aroma merupakan bau yang disebabkan oleh rangsangan kimia yang dicium oleh saraf penciuman di rongga hidung (Negara et al., 2016). Aroma merupakan salah satu indikator penting dalam proses pembuatan *eco enzyme*. Adanya perubahan aroma pada proses pembuatan *eco enzyme* menunjukkan adanya reaksi kimia yang terjadi selama proses fermentasi. Aroma pada *eco enzyme* cenderung asam segar dikarenakan oleh aktivitas mikroba anaerob (Basri et al., 2019). Hal tersebut sesuai dengan penelitian Larasati et al., (2020) yang menunjukkan aroma dominan pada empat dari lima sampel yang diuji adalah beraroma asam.

2.8.3 Warna

Warna diperoleh dari hasil pengamatan indera mata. Warna *eco enzyme* yang telah difermentasi umumnya berwarna cokelat, tergantung dari bahan organik dan jenis gula yang digunakan. Dalam Rijal et al (2021) didapatkan variasi warna *eco enzyme* terhadap kombinasi limbah tanaman lokal Maluku (daun pala, daun cengkeh, daun kayu putih, dan daging buah pala), yaitu berwarna cokelat dan cokelat kehitaman.

2.8.4 Kalsium

Kalsium merupakan salah satu mineral yang memiliki beragam fungsi. Dalam dunia kesehatan, kalsium berperan penting dalam pencegahan keropos pada (osteoporosis), membantu proses penyembuhan luka dan proses pembekuan darah. Pada tanaman, kalsium sangat dibutuhkan karena merupakan salah satu hara yang berpengaruh pada kesuburan tanah. Kalsium berfungsi dalam



pembelahan dan pengaturan permeabilitas sel, perkembangan benang sari, pembentukan bulu-bulu akar, pembentukan biji dan dapat meningkatkan kemampuan tanaman beradaptasi terhadap senyawa atau suasana kurang menguntungkan pada tanah (Purba et al., 2021; Rosmakam & Yuwono, 2011).

2.8.5 Klorin

Klorin merupakan unsur kimia dengan simbol Cl yang termasuk golongan halogen. Klorin merupakan salah satu bahan kimia yang banyak digunakan dalam dunia industri, salah satunya adalah sebagai bahan utama dalam pembuatan desinfektan. Desinfektan merupakan bahan kimia yang digunakan dalam pencegahan infeksi atau pencemaran jasad renik, seperti bakteri, virus, kuman dan mikroorganisme yang merugikan. Klorin melalui desinfektan menghancurkan mikroorganisme melalui aktivitas penghambatan pernapasan yang mengakibatkan kematian sel mikroorganisme. Penggunaan desinfektan sering digunakan di dunia industri sebagai proses sterilisasi (Fuadi, 2012).

Klorin dengan konsentrasi tinggi sangat efektif dalam membunuh mikroorganisme. Penelitian (Zhao et al., 2001) menunjukkan klorin pada konsentrasi 1 mg/L mampu menurunkan 5 log (siklus) bakteri *E.coli* dalam waktu 30 detik. 5 log (siklus) yang artinya telah terjadi pengurangan sebanyak 5 desimal atau pembunuhan mikroba mencapai 99,999%. Namun diketahui penggunaan klorin secara berlebihan juga dapat menimbulkan dampak negatif bagi manusia.

2.8.6 Fosfor

Fosfor merupakan salah satu hara makro yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah relatif besar, sedikit lebih kecil di bawah nitrogen dan kalium. Fungsi fosfor dalam tanaman, yaitu dapat menyimpan dan transfer energi, sebagai komponen esensial dalam proses fotosintesis dan metabolisme karbohidrat yang mencakup pembentukan inti sel; pembelahan; perbanyakan; dan organisasi sel, dan mempengaruhi perkembangan bagian reproduksi dan pemasakan tanaman (Winarso, 2005).

Kandungan fosfor dipengaruhi oleh banyak hal, salah satunya adalah waktu panen. Reinokki et al (2012) menguji kandungan fosfor dari limbah buah dan petai dalam pupuk organik cair mendapatkan kandungan fosfor



tertinggi pada hari ke-25 (akhir masa fermentasi) dengan nilai masing-masing 663,33 mg/l dan 427,48 mg/l.

2.8.7 Asam Asetat

Asam asetat (*acetic acid*) atau asam atenoat (*ethanoic acid*) atau asam cuka dengan rumus kimia $\text{CH}_3\text{-COOH}$ memiliki bau yang menyengat. Asam asetat terbentuk dari pembuatan oleh substrat yang mengandung etanol, seperti buah-buahan atau sayuran melalui cara sintesis atau khemis dan secara mikrobiologis atau fermentasi. Fermentasi dilakukan dengan merombak glukosa akan menghasilkan hasil akhir kandungan asam asetat. Cara fermentasi cenderung lebih banyak digunakan karena mudah, ekonomis, dan risiko kegagalan relatif lebih kecil (Umar, 2017).

Kegunaan asam asetat yaitu sebagai pengawet makanan secara tradisional dapat menghambat pertumbuhan bakteri spora, pada industri makanan sebagai perasa asam; pengawet; dan penyedap rasa, pada industri farmasi sebagai bahan pembuatan obat-obatan (aspirin), pada bidang kedokteran digunakan sebagai salah satu bahan cairan alternatif pencucian luka infeksi oleh kuman (*Pseudomonas aeruginosa*) yang telah lama digunakan di Eropa, serta sebagai antiseptik khususnya apabila terjadi resistensi terhadap antibiotik (Datusanantyo, 2019; Nagoba et al., 2013)

2.8.8 Enzim Amilase

Enzim amilase merupakan enzim yang berfungsi memecah pati (zat tepung) dan polisakarida lainnya menjadi monosakarida sebagai gula yang dapat diserap oleh tubuh. Salah satu sifat enzim amilase yaitu biokatalisator yang mempercepat jalannya reaksi tanpa ikut bereaksi. Sifat biokatalisator tersebut memiliki karakteristik yang sangat disenangi oleh industri, yaitu aktif dalam kondisi 'normal', substratnya sangat spesifik, mudah didapatkan dan ramah lingkungan (Harwati & Sunarko, 2006). Enzim amilase merupakan enzim yang paling penting dan memiliki dampak yang signifikan bagi dunia bioteknologi dengan mampu menguasai sekitar 25% pasar enzim dunia (Rahman et al., 2021). Enzim amilase

kegunaan dalam berbagai industri. Pada industri pangan digunakan dalam bir sebagai pengkonversi pati menjadi gula terfermentasi dan sebagai pati dalam produksi jeli. Pada industri pembersih digunakan dalam



pembuatan deterjen bersama dengan enzim protease dan lipase dalam menghilangkan noda (Ariandi, 2016)

Aktivitas enzim amilase sangat bergantung pada kondisi keasaman (pH). Arun & Sivashanmugam (2015) menguji aktivitas enzim amilase dengan variasi beberapa pH, hasilnya enzim amilase dapat bekerja paling optimal pada pH 6,5 dengan nilai aktivitas enzim 3 unit/mg.

2.8.9 Enzim Lipase

Enzim lipase merupakan kelompok hidrolase sebagai katalisator proses hidrolisis trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak bebas serta sebagai katalisator dalam proses transesterifikasi ester lain serta proses sintesis ester (Sholeha & Agustini, 2021). Sumber enzim lipase dapat berasal dari hewan, mikroorganisme, tanaman, dan fungi melalui berbagai cara, salah satunya dengan cara fermentasi. Cara fermentasi merupakan proses biokonversi yang menghasilkan mikroorganisme anaerob menguntungkan yang kemudian dapat menghasilkan enzim, salah satunya adalah enzim lipase (Sumarlin et al., 2013). Enzim lipase di dalam industri digunakan sebagai formula deterjen, penghilang lemak dalam kosmetik, pematangan keju dan lemak mentega, peningkat kualitas dan umur simpan produk kue (Gunasekaran & Das, 2005; Riwayati et al., 2012).

2.8.10 Enzim Protease

Enzim protease mengkatalisis pemutusan ikatan kimia, dalam hal ini adalah ikatan peptida dan protein. Sumber enzim protease dapat berasal dari hampir segala jenis makhluk hidup, seperti tanaman, hewan, mikroorganisme, dan jamur. Enzim protease banyak digunakan dalam industri pangan dalam pembuatan produk hasil sapi dan turunannya, deterjen, kulit sintetis, medis, farmasi dan lainnya. Enzim protease juga memiliki peran penting secara ekologis, yaitu dapat mempertahankan siklus nitrogen (Dhillon et al., 2017). Enzim protease memiliki kemampuan untuk menurunkan kandungan limbah keratin dan melarutkan protein digunakan dalam pelarutan protein limbah rumah potong hewan terutama bulu dari unggas. Enzim protease juga dapat digunakan dalam mengatasi pipa tersumbat oleh rambut-

Enzim protease melalui bakteri juga digunakan secara komersil dalam iasi sebagai agen probiotik dalam budidaya perairan melalui pakan ig (Abrar, 2017).



2.9 Penelitian Terdahulu

Tabel 3 Penelitian Terdahulu yang Relevan dengan Penelitian

No	Nama Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Hasil Penelitian	Sumber Literatur
1	Olgalizia Galintin, Nazaitulshila Rasit, dan Sofiah Hamzah,	<i>Production and Characterization of Eco enzyme Produced from Fruit dan Vegetable Wastes and its Influence on the Aquaculture Sludge</i>	2021	Penentuan kualitas <i>eco enzyme</i> digunakan uji aktivitas enzim (amilase, lipase, dan protease) dengan membandingkannya dengan beberapa variasi pH, hasilnya enzim tersebut tidak terlalu optimal pada pH yang rendah. Pengujian efektifitas <i>eco enzyme</i> dalam mereduksi limbah lumpur (sludge) budidaya perairan sangat efisien dalam mereduksi 89% <i>Total Suspended Solids</i> (TSS), 78% <i>Volatile Suspended Solids</i> (VSS), 88% <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD), 94% <i>Total Ammonia Nitrogen</i> (TAN), dan 97% <i>Total Phosphorous</i> (TP)	<i>Biointerface Research in Applied Chemistry</i>
2	Samiksha S. Kerkar dan Sahil S. Salvi,	<i>Application of Eco-Enzyme for Domestic Waste Water Treatment</i>	2020	Cairan <i>eco enzyme</i> dengan variasi pengenceran 5% dan 10% diuji terhadap reduksi air limbah dengan beberapa variasi waktu kontak <i>eco enzyme</i> dengan air limbah (1, 3, dan 5 hari), hasilnya <i>eco enzyme</i> dengan pengenceran 5% dan 10% masing-masing dapat mereduksi 12,32%; 13,94% TDS, 62,51%; 65,40% BOD, 44,76%; 48,66% COD, dan 90%; hampir 99,9% <i>total coliform bacteria</i> . Karakteristik efluen mencapai standar peruntukan air irigasi pada hari kelima.	<i>International Journal for Research in Engineering Application & Management (IJREAM)</i>
	Supriyani, Andari P. Astuti, Endang T. W. Maharani,	Pengaruh Variasi Gula Terhadap Produksi <i>Eco enzyme</i> Menggunakan Limbah Buah dan Sayur	2020	<i>Eco enzyme</i> dengan jenis gula putih menghasilkan volume <i>eco enzyme</i> lebih sedikit, yaitu 110 ml dan persentase volume <i>eco enzyme</i> terhadap kadar air awal yaitu 22%. <i>Eco enzyme</i> dengan jenis gula merah menghasilkan 830 ml dan persentase volume <i>eco enzyme</i> terhadap kadar air awal adalah 116%.	Seminar Nasional Edusaintek FMIPA Unimus



- | | | | | | |
|----|---|--|------|---|--|
| 4. | Chin W. Low,
Regina L. Z. Ling,
Swee-Sen Teo, | <i>Effective
Microorganisms in
Producing Eco-Enzyme
from Food Waste for
Waste Water Treatment</i> | 2021 | Perbedaan terhadap penggunaan gula pada <i>eco enzyme</i> mempengaruhi warna, gas, dan aroma. Produksi <i>eco enzyme</i> menggunakan bahan organik kulit buah dan sayuran dengan tambahan organisme <i>Saccharomyces cerevisiae</i> efektif dalam mereduksi NO_3^- , namun kurang efektif dalam mereduksi konsentrasi Ca^{2+} , Na^+ , dan K^+ pada air limbah domestik. | <i>Applied
Microbiology
: Theory &
Technology</i> |
| 5. | Lapsia Vama dan
Makarand N.
Cherekar, | <i>Production, Extraction
and Uses of Eco
Enzymes Using Citrus
Fruit Waste: Wealth
from Waste</i> | 2020 | <i>Eco enzyme</i> yang telah diinkubasi filtrat menghasilkan kandungan flavonoid, alkanoid, kuinon, saponin. Pengujian IR spectra menunjukkan adanya kandungan kelompok -OH, COOH yang merupakan bahan utama pembersih. <i>Eco enzyme</i> memiliki peran yang dapat digunakan sebagai pembersih lantai, pembersih peralatan makan, dan dapat digunakan dalam berkebun. | <i>Asian Jr. of
Microbiol.
Biotech. Env.
Sc.</i> |
| 6. | Nazaitulshila Rasit
dan Ooi C. Kuan, | <i>Investigation on the
Influence of Bio-
catalytic Enzyme
Produced from Fruit
and Vegetable Waste
on Palm Oil Mill
Effluent</i> | 2018 | Pengujian enzim terhadap <i>garbage enzyme</i> menunjukkan bahwa <i>garbage enzyme</i> mengandung aktivitas enzim amilase, protease, dan lipase. Pengujian efektifitas <i>eco enzyme</i> terhadap air limbah industri kelapa sawit dilakukan dengan variasi pengenceran 5%, 10%, dan 15% dengan parameter COD, Oil and Grease, dan TSS. Hasilnya, <i>eco enzyme</i> paling efektif mereduksi oil and grease dan kurang efektif bagi COD. <i>Eco enzyme</i> dengan pengenceran 15% lebih baik dalam mereduksi COD, oil and grease, dan TSS dibandingkan dengan <i>eco enzyme</i> pengenceran 5% dan 10%. | <i>IOP
Conference
Series: Earth
and
Environmenta
l Science</i> |
| | C. Arun dan P.
Sivashanmugam, | <i>Investigation of
Biocatalytic Potential
of Garbage Enzyme
and Its Influence on
Stabilization of</i> | 2015 | <i>Garbage enzyme</i> yang telah difermentasi diuji untuk aktivitas biokatalitik, hasilnya <i>garbage enzyme</i> menghasilkan enzim protease, amilase, dan lipase yang dapat mendegradasi protein, karbohidrat, dan lemak pada sludge. Aktivitas antimikroba paling | <i>Process
Safety and
Environmenta
l Protection</i> |



- | | | | | | |
|----|--|---|------|---|--|
| | | <i>Industrial Waste Activated Sludge</i> | | 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 coliform sangat baik dengan nilai persentase mencapai 99%. | |
| 8 | Indo S. Bulai, Haruna Adamu, Yuguda A. Umar, dan Ahmed Sebo, | <i>Biocatalytic Remediation of Used Motor Oil-Contaminated Soil by Fruit Garbage Enzymes</i> | 2021 | Garbage enzyme 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, garbage enzyme berbahan limbah buah semangka masing-masing dapat mereduksi 41%; 52% oil and grease dan mereduksi 45%;39% Total Organic Carbon (TOC) | <i>Journal of Environmental Chemical Engineering</i> |
| 9. | Samina Rahman, Irshadul Haue, Rajiv C. D. Goswami, Prajjalendra Barooah, Kaushal Sood, dan Bula Choudhury, | <i>Characterization and PLC Analysis of Garbage Enzyme: Biocatalytic and Antimicrobial Activity</i> | 2019 | Garbage enzyme berbahan sayuran dengan molases pada penelitian ini mengandung pH 3,85 dengan beberapa uji aktivitas enzim. Aktivitas enzim amilase tertinggi bernilai 1,782 unit/mg diikuti dengan aktivitas enzim amilase dan protease masing-masing sebesar 0,355 unit/mg dan 0,005 unit/mg. Uji aktivitas antimikroba dilakukan pada mikroorganisme E. coli, S. aureus, dan R. leguminosarum dengan hasil zona hambat maksimum pada E. coli sebesar 8mm. | <i>Waste and Biomass Valorization</i> |
| | Sitong Gu, Dongying Xu, Fuhui Zhou, Chen Chen, Chenghui Liu, Mixia Tan, dan Alili Jang, | <i>The Garbage Enzyme with Chinese Honeylocust Fruits Showed Better Properties and Application than When Using the Garbage Enzyme Alone</i> | 2021 | Analisis diversitas mikroba terhadap Garbage Enzyme (GE) menunjukkan nilai/jenis 456 OTU untuk bakteri dan 133 OTU untuk fungi/jamur, sedangkan Chinese Honeylocust Garbage Enzyme (CHGE) menunjukkan nilai/jenis 310 OTU untuk bakteri dan 84 OTU untuk fungi/jamur. pH GE berkisar antara 3,5-4,4 dengan pengenceran 0-500 kali, sedangkan CHGE memiliki nilai berkisar 3,7- | <i>Foods</i> |



11. Susmitha Sambraju dan V. Sree Lakshmi, *Eco-friendly Treatment of Dairy Wastewater Using Garbage Enzyme* 2020
- Ashish Joseph, Joan G. Joji, Niksy M. Prince, Renisha Rajendran, Mohanraj Nainmalai, dan Vishnu M, *Domestic Wastewater Treatment Using Garbage Enzyme* 2021
- 5,1. Aktivitas enzim biokatalitik anantara GE dan CHGE tidak memiliki perbedaan signifikan pada aktivitas enzim amilase dan protease, namun pada aktivitas lipase dan selulase CHGE memiliki hasil aktivitas enzim lebih tinggi masing-masing tiga kali dan 2,2 kali terhadap GE. Kemampuan CHGE dalam menghilangkan noda tanah pada kain terhadap GE dan deterjen pasaran adalah masing-masing lebih tinggi 1,44 kali dan 1,31 kali lipat. Pengujian kemampuan GE dan CHGE untuk menghilangkan noda oli juga dilakukan namun kurang efektif dan pengujian kemampuan untuk memutihkan kain pada CHGE adalah sebesar 3,86% hanya terpaut sedikit dibandingkan dengan deterjen pasaran, sedangkan kemampuan GE terhadap kemampuan untuk memutihkan kain sangat rendah, yaitu hanya 0,55%. 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.
- pH optimal dalam aktivitas maksimal enzim amilase (3,6 unit/mg), protease (0,041 unit/mg), dan lipase (1,6 unit/mg) adalah masing-masing 6,5; 6,5; dan 8. Konsentrasi optimal garbage enzyme terhadap air limbah adalah 10% yang mampu mereduksi 97,4% BOD; 90,80% COD; 93,75% TDS; 94,35% TSS; 99,3% OG; 90,81% klorida. Konsentrasi akhir air limbah sesuai baku mutu Indian Bureau of Standards (BIS) dengan peruntukan air irigasi.
- Materials Today: Proceedings*
- International Conference on Systems Energy and Environment (ISCEE)*



- | | | | | | |
|-----|---|---|------|--|---|
| 13. | A. Mahdia, P. A. Safitri, R. F. Setiarini, V. F. A. Maherani, M. N. Ahsani, dan M. S. Soenarno, | Analisis Keefektifan Ekoenzim sebagai Pembersih Kandang Ayam dari Limbah Buah Jeruk (<i>Citrus</i> sp.) | 2019 | <p>Pengujian konfrontasi menggunakan bakteri <i>E. coli</i> dan <i>S. aureus</i> 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.</p> | Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan |
| 14 | Imam Abu Hanifah, Ni Putu Vidya Primarista, Sasangka Prasetyawan, Anna Safitri, Tri Adyati, dan Arie Srihadyastutie | <i>The effect of Variation in Sugar Types and Fermentation Time on Enzyme Activity and Total Titrated Acis on Eco-Enzyme Result of Fermentation</i> | 2022 | <p>Hasil fermentasi menunjukkan bahwa aktivitas lipase pada penggunaan gula putih dan gula merah kelapa mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Sedangkan tetes tebu terus meningkat dengan aktivitas enzim optimum pada bulan ketiga 20,33 U/mL. Persentase total asam yang dititrasi pada gula putih dan tetes tebu lebih tinggi dibandingkan pada gula kelapa merah, dimana total asam pada tetes tebu terus meningkat.</p> | Proceedings of the 7th International Conference on Biological Science (ICBS 2021) |
-

