BAB II
KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. *Eco-enzyme*

1. Pengertian *Eco-enzyme*

Eco-enzyme awal diperkenalkan oleh Dr. Rosukon Poompanvong, seorang ahli kimia asal Thailand dan yang mendirikan Asosiasi Pertanian Organik Thailand. beliau melakukan *reserach* selama kurang lebih 30 tahun dan berhasil mengembangkan cairan yang serbaguna yang berasal dari limbah organik non-lemak yang mengalami proses fermentasi selama banyaknya tiga bulan pada kondisi anaerob fakultatif dan aerobik (Maryanti & Wulandari, 2023). *Ecoenzyme* adalah hasil fermentasi dari limbah dapur organik seperti kulit buah-buahan dan sayuran, gula (gula coklat, gula merah atau gula tebu) dan air. Produk *Eco-enzyme* yaitu hal yang amat sangat ramah lingkungan dan juga mudah untuk digunakan dan diproduksi. *Eco-enzyme* bisa digunakan untuk mengurangi jumlah sampah rumah tangga, khususnya sampah organik (Fitri dkk., 2023). Cairan yang berasal dari *eco-enzyme* dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair dan pestisida dan *eco-enzyme* mampu mendukung pertumbuhan tanaman organik, mempercepat reaksi biokimia alami sehingga menghasilkan enzim yang bermanfaat (Yanti & Awalina, 2021). Produksi *eco-enzyme* tidak membutuhkan komposter dengan spesifikasi yang khusus. Wadah atau apapun yang tidak digunakan bisa dimanfaatkan lagi sebagai tempat untuk pembuatan *eco-enzyme*. Manfaatnya baik karena mengaplikasikan penggunaan ulang (reuse) dalam upaya pelestarian lingkungan (Samadikun dkk., 2023)

Eco-enzyme adalah produk ramah lingkungan yang dapat dibuat dengan sederhana . Proses pembuatannya memerlukan air, gula, dan limbah organik dari sayuran serta buah-buahan.. *Eco-enzyme* ialah produk fermentasi limbah dapur organik, gula, dan air dengan perbandingan yaitu 3 : 1 : 10 (Sumartono dkk., 2022)

Proses fermentasi dalam pembuatan *eco-enzyme* berlangsung selama tiga bulan. Setelah periode tersebut, cairan yang dihasilkan berwarna coklat gelap dan memiliki aroma fermentasi asam manis yang khas, siap untuk digunakan. Selama

proses fermentasi, karbohidrat diubah menjadi asam volatil, sementara asam organik yang terkandung dalam bahan limbah akan larut karena pH enzim sampah yang sifatnya asam. Enzim pada sampah memiliki potensi tertinggi untuk mengurangi atau memberhentikan patogen, karena sifat asamnya membantu untuk mengisolasi enzim ekstraseluler dari limbah organik ke dalam larutan selama proses fermentasi. Selama fermentasi, glukosa dipecah menjadi asam piruvat. Dalam kondisi anaerob, asam piruvat didegradasi oleh piruvat dekarbosilase menjadi etanol dan karbon dioksida. Selanjutnya, *Acetobacter* mengubah alkohol menjadi asetaldehid dan air, lalu diubah menjadi asam asetat kembali (Siregar., 2023).

Eco-enzyme bisa digunakan untuk Pupuk cair organik untuk tanaman, campuran deterjen, pembersih lantai, penghilang sisa pestisida, pembersih kerak, serta bahan spa yang dapat membantu melancarkan peredaran darah (Satori et al.,2021). Kandungan asam asetat, alkohol (etanol), asam propionat, dan komponen lainnya dapat ditemukan pada *eco-enzyme* yang berumur tiga bulan. Pengujian keberhasilan *Eco-enzyme* dalam skala laboratorium dapat dilakukan dengan mengukur pH, dan aktivitas enzim protease, amilase, and lipase (Wakano, 2024).

2. Proses Pembuatan *Eco-enzyme*

Menurut Junaidi dkk. (2021) cara pembuatan *eco-enzyme* adalah sebagai berikut:

a. Tuangkan air ke dalam wadah. Rasio air terhadap bahan bahan yang lain adalah 10. Sedangkan rasio sisa buah atau sayur adalah 3, dan rasio untuk molase adalah 1, sehingga perbandingannya menjadi 10 : 3 : 1
b. Penting untuk memastikan bahwa jumlah komposisi yang dimasukkan ke dalam wadah tidak memenuhi seluruh volume. Ruang harus disisakan untuk menampung gas yang dhasilkan selama proses fermentasi.
c. Tambahkan molase ke dalam campuran, lalu aduk hingga larut sepenuhnya dalam air sehingga tercapai kondisi homogen. Molase berperan sebagai sumber energi yang dibutuhkan bakteri untuk proses fermentasi.
d. Masukkan bahan ke dalam wadah. Buah dan sayur tersebut sebaiknya dipotong kecil-kecil, ditimbang sesuai rasio yang telah ditetapkan, dan dihancurkan hingga ukurannya menjadi lebih kecil. Hal ini dilakukan untuk mendukung kelancaran proses fermentasi.

e. Setelah semuanya tercampur merata, tutup wadah rapat-rapat untuk mencegah masuknya udara dari luar. Udara luar dapat mengganggu proses fermentasi. Untuk memastikan kedap udara, dapat juga menambahkan lapisan plastik yang diikat sebelum menutup ember..
f. Simpan di tempat yang gelap, tidak terkena cahaya matahari
g. Hasil fermentasi yang sempurna membutuhkan waktu sampai 3 bulan

3. Manfaat *Eco-enzyme*

Eco enzyme memiliki berbagai manfaat, di antaranya sebagai bahan pembersih, pupuk alami, dan pestisida yang efektif. Larutan pembersih dari eco-enzyme dapat dimanfaatkan untuk membersihkan lantai, alat-alat rumah, serta membersihkan buah dan sayuran dari residu pestisida. Sebagai pupuk alami, eco-enzyme dapat meningkatkan kesuburan tanah dan tanaman serta memperbaiki mutu serta cita rasa buah dan sayuran. *Eco-enzyme* juga sangat ampuh dalam mengusir hama yang ada pada tanaman, termasuk tanaman hias dan sayuran. Selain itu, *eco-enzyme* dapat dimanfaatkan untuk menghalau hama atau hewan pengganggu di lingkungan rumah, seperti kecoa, semut, lalat, nyamuk, dan berbagai jenis serangga lainnya (Rizky, 2021).

4. Kandungan *Eco-enzyme*

Berdasarkan hasil penelitian (Shalihah dkk., 2024) menunjukkan bahwa sejak hari pertama proses fermentasi *eco enzyme* dilakukan sudah menghasil-kan O3 atau yang lebih dikenal dengan nama Ozon. Zat ini berguna untuk mengurangi pemanasan global. Di samping itu terjadi proses perubahan Ammonia menjadi Nitrat (NO3) yang berguna untuk menyuburkan tanaman, serta mengubah Karbon Dioksida (CO2) menjadi Karbon Trioksida (CO3) yang bermanfaat untuk ekosistem laut. Kandungan dalam cairan *eco enzyme* di antaranya adalah Alkohol Organik atau Asam Asetat (H3COOH) yang bisa membunuh kuman, virus dan bakteri. Sedangkan kandungan enzyme itu sendiri terdiri dari Lipase, Tripsin serta Amilase yang mampu mencegah pertumbuhan serta membunuh bakteri pathogen.

Muhana (2021) menyatakan bahwa Alkohol (etanol) dan/atau Asam Asetat dihasilkan oleh proses metabolisme bakteri yang secara alami terdapat pada sisa buah atau sayuran. Dalam pembuatan *eco enzyme*, baik alkohol, asam asetat,

atau keduanya dihasilkan, tergantung pada jenis mikroorganisme yang ada pada potongan buah atau sayuran.

B. Mikroba

1. Pengertian

Mikroorganisme atau mikroba merupakan organisme yang memiliki ukuran sangat kecil, sehingga hanya dapat terlihat dengan bantuan mikroskop (Waluyo dkk., 2019). Mikroorganisme, yang juga dikenal sebagai organisme mikroskopis, umumnya bersifat uniseluler atau multiseluler. Meskipun begitu, beberapa protista uniseluler dapat terlihat dengan mata telanjang, sementara beberapa spesies multiseluler tidak dapat dilihat tanpa bantuan alat pembesar (Mawarsih dkk., 2018). Kebanyakan mikroorganisme terdiri dari organisme bersel satu yang ukurannya sangat kecil sehingga membutuhkan alat pembesar untuk bisa dilihat. Namun, terdapat beberapa mikroba uniseluler yang bisa terlihat langsung, serta beberapa bersifat mikroskopis. Agar sebuah objek dapat terlihat tanpa mikroskop, panjangnya harus sekitar 100 mikrometer (µm), namun, mayoritas mikroorganisme memiliki ukuran yang sangat kecil. Sebagai perbandingan, sel hewan biasa memiliki diameter sekitar 10 µm. Sel bakteri umumnya berukuran sekitar 1 µm, sedangkan virus sepuluh kali lebih kecil dari bakteri yaitu sekitar 100 nanometer (nm). Contohnya, virus influenza berukuran sekitar 100 nanometer (nm), itulah mengapa diperlukan mikroskop dengan pembesaran yang kuat untuk melihat virus. Sementara itu, Bakteri memiliki ukuran setidaknya 10 kali lebih kecil dibandingkan sel tumbuhan atau hewan pada umumnya, yang biasanya berukuran antara 10 hingga 100 µm. Agar suatu objek dapat terlihat tanpa mikroskop, dimensi objek tersebut harus sekitar 100 µm. Peran mikroba dalam bidang pertanian belum sepenuhnya dipahami, dan sering kali mikroba dipandang sebagai komponen habitat yang berbahaya, karena secara umum berfokus pada mikroorganisme penyebab penyakit tanaman. Padahal, banyak spesies mikroba merupakan mikroflora yang berdampak positif. Proses alami pada permukaan tanah dan lapisan persiapan lahan yang penting untuk aktivitas pertanian tidak akan berjalan berkat adanya peran aktif mikroba (Saraswati, 2015).

Beberapa mikroorganisme tanah yang bermanfaat dan sering dimanfaatkan sebagai pupuk hayati meliputi bakteri pengikat nitrogen non-simbiosis, bakteri

pengikat nitrogen simbiosis, jamur mikoriza, mikroorganisme efektif (EM), dan bakteri pelarut fosfat. Jika digunakan secara efektif dalam sistem pertanian organik, mikroba tanah ini dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman, mendukung lingkungan yang penting untuk pengendalian hama, serta meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Waluyo dkk., 2019).

2. Jenis-jenis Mikroba

a. Bakteri

Bakteri (singular: *bacterium*) yaitu mikroorganisme uniseluler yang sederhana dengan sel prokariotik (dari bahasa Yunani: *prenukleus*), yang mempunyai materi genetik tanpa membran. Bakteri dapat ditemukan di semua lingkungan di bumi, termasuk di dalam tubuh manusia. Sebagian besar bermanfaat, namun ada juga yang bersifat patogen dan dapat mengakibatkan gangguan kesehatan pada manusia dan hewan. Sebagian besar bakteri memiliki dinding sel yang terdiri dari peptidoglikan (Sharma dkk., 2022).

Bakteri adalah mikroba prokariotik bersel tunggal yang tergolong dalam kelas Schizomycetes. Mereka berkembang biak secara aseksual melalui proses pembelahan sel. Sebagian besar bakteri tidak memiliki klorofil, kecuali beberapa jenis yang dapat melakukan fotosintesis. (Wicaksana & Rachman, 2018) Bakteri berkembang biak secara aseksual melalui proses yang disebut sebagai pembelahan biner atau pembelahan vegetatif. Proses ini memungkinkan bakteri membelah diri menjadi dua sel baru setiap 20 menit jika kondisi lingkungan mendukung. Pembelahan biner ini merupakan metode reproduksi langsung yang tidak melibatkan mitosis. Bakteri tidak mengalami reproduksi seksual, tetapi mereka dapat melakukan pindah materi genetik tanpa pembentukan zigot, sebuah proses yang disebut paraseksual. Proses paraseksual ini meliputi transformasi, konjugasi, dan transduksi (Wicaksana & Rachman, 2018).

Bakteri dapat hidup dengan berbagai cara, seperti secara bebas, parasitik, saprofitik, atau sebagai patogen pada manusia, hewan, dan tumbuhan. Mereka dapat ditemukan di berbagai habitat di alam, termasuk tanah, atmosfer (hingga sekitar 10 km di atas permukaan bumi), lumpur, dan laut. Bentuk dasar bakteri meliputi bulat, batang, dan lengkung, namun bentuknya bisa dipengaruhi oleh usia dan kondisi pertumbuhan tertentu. Bakteri juga dapat mengalami involusi, yaitu perubahan

bentuk akibat faktor-faktor seperti makanan, suhu, dan lingkungan yang tidak mendukung. Selain itu, bakteri bisa mengalami pleomorfisme, yaitu variasi bentuk yang teratur meskipun dalam kondisi pertumbuhan yang optimal. Umumnya, bakteri memiliki ukuran antara 0,5 hingga 10 µm (Djaenuddin, 2016).

b. Klasifikasi Bakteri

Secara umum, morfologi bakteri dapat dilihat dari aspek-aspek seperti bentuk, ukuran, distribusi, struktur tambahan, pewarnaan gram, spora, dan gerakan

1) Berdasarkan Bentuk

Terdapat tiga bentuk dasar sel bakteri, yaitu bulat (kokus), batang (basil), dan spiral (spirillum).

Bakteri bentuk kokkus



Gambar 2. 1 Bakteri bentuk kokkus (sumber: artikelkeren.com)

Bakteri kokus memiliki lima bentuk kelompok bakteri kokus, yaitu: bergandengan (diplokokus), menyerupai untaian anggur (stafilokokus), membentuk rantai (streptokokus), tersusun dalam kelompok empat (tetrakokus), dan tersusun dalam kelompok delapan (sarkina)(Wicaksana & Rachman, 2018).

a) Monokokus (*monococcus*) adalah bakteri yang hanya terdiri dari satu sel berbentuk bulat seperti bola dan hidup secara soliter. Contoh bakteri monokokus adalah *Neisseria gonorrhoeae* (Holderman et al., 2017)

b) Diplokokus (*diplococcus*) adalah jenis bakteri kokus yang hidup dalam pasangan dua sel. Bentuk diplokokus terbentuk ketika bakteri kokus membelah diri dalam satu arah dan tetap terikat berpasangan. Contohnya *Diplococcus pneumoniae* (penyebab penyakit radang paru-paru)

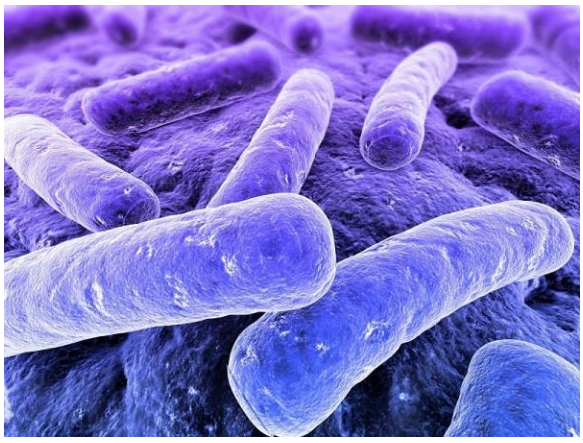
c) Streptokokus (*streptococcus*) merupakan jenis bakteri kokus yang hidup berkoloni dan saling berikatan membentuk rantai memanjang. Bentuk streptokokus terbentuk ketika bakteri kokus membelah diri pada satu garis dalam satu atau dua arah dan tetap terikat membentuk barisan. Contohnya antara lain *Streptococcus thermophilus*, dan *Streptococcus pyogenes*. (yang menyebabkan penyakit kekuningan)

d) Tetrakokus (tetracoccus) Bakteri Tetrakokus adalah jenis bakteri kokus yang hidup berkelompok, di mana setiap kelompok terdiri dari empat sel yang berbentuk bujur sangkar dan saling melekat. Bentuk tetrakokus terbentuk ketika bakteri kokus membelah diri dalam dua arah. Contoh bakteri tetrakokus adalah *Pediococcus cerevisiae*.

e) Sarkina (*sarcina*) adalah jenis bakteri kokus yang berkembang biak secara berkoloni dan terdiri dari 8 sel. Bentuk sarkina terbentuk ketika bakteri kokus membelah diri menjadi tiga arah, membentuk pola teratur yang menyerupai struktur kubus. Contoh bakteri dengan bentuk bakteri ini adalah *Sarcina ventriculi*.

f) Stafilokokus (*staphylococcus*) adalah jenis bakteri yang hidup secara berkelompok dengan pola pengaturan tertentu. yang tidak beraturan, mirip seikat buah anggur. Bentuk stafilokokus terbentuk ketika bakteri kokus membelah diri ke berbagai arah. Contoh bakteri ini adalah *Staphylococcus aureus*

Bakteri Bentuk Basil



Gambar 2.2

Gambar 2. 2 Bakteri Bentuk Basil (sumber: serasah.com)

Menurut (Tallent *et al*., 2012), basil (*bacillus*): berbentuk batang atau silinder dengan variasi monobasil (hanya satu), *diplobacillus* (bergandengan dua-dua) dan *streptobacillus* (bergandengan berbentuk rantai). Bakteri berbentuk basil memilki beberapa jenis:

a) Monobasil, sel bakteri basil tunggal. Seperti *Salmonella thypi*, *E. coli*, dan *Lactobacillius*..
b) Diplobasil, , yaitu dua sel basil yang berdekatan
c) Streptobasil, yaitu sejumlah sel basil yang berdekatan membentuk sebuah rantai. Seperti *Azotobacter* dan *Bacillus anthracis*.

Bakteri Spirilia (Bakteri dengan bentuk dasar spiral)



Gambar 2. 3 Bakteri dengan bentuk dasar spiral (sumber: turbosquid.com)

a) Spiral yaitu bentuk sel bergelombang. Misalnya *Spirillum*.
b) Spiroseta yaitu bentuk sel seperti sekrup.
c) Vibrio yaitu bentuk sel seperti tanda baca koma. Misalnya *Vibrio cholera*, penyebab penyakit kolera.

2) Berdasarkan Pewarnaan Gram

a) Bakteri Gram Positif

Bakteri Gram positif adalah jenis bakteri yang tetap mempertahankan pewarna kristal violet selama proses pewarnaan Gram, sehingga tampak berwarna biru atau ungu saat dilihat di bawah mikroskop. Memiliki membran plasma tunggal yang dikelilingi oleh dinding sel yang tebal, yang terbuat dari peptidoglikan. Sekitar 90% dari dinding sel tersebut terdiri dari peptidoglikan, sisanya terdiri dari molekul yang disebut Asam Teikoatt (Savitri *et al.*, 2019). Menurut (Rois Arifin, 2023). Ciri-ciri bakteri gram positif antara lain:

(a) Di dalam dinding selnya terdapat struktur yang tebal, sekitar 15-80 nanometer, dan terdiri dari satu lapis (*monolayer*)
(b) Dinding selnya mengandung lipid (lemak) sekitar 1-4% dalam jumlah normal, peptidoglikan (sebagian lapisan tunggal), serta Asam Teikoat.
(c) Mudah terpengaruh oleh penisillin.
(d) Pertumbuhan bakteri terhambat oleh zat-zat pewarna seperi kristal violet (ungu).
(e) Komposisi nutrisi yang diperlukan lebih kompleks.
(f) Lebih tahan terhadap gangguan fisik.
(g) tahan terhadap laurtan alkali (1% KOH).
(h) Tidak sensitif terhadap streptomisin.
(i) Toksin yang dihasilkan terdiri dari eksotoksin dan endotoksin.

Contoh bakteri gram positif diantaranya:

(a) Aktinobakteria, seperti genus *Streptomyces* dan genus *Actinomyces*..
(b) Bakteri asam laktat merupakan jenis bakteri yang menghasilkan asam laktat melalui proses fermentasi gula
(c) Stafilokokus, bakteri patogen yang bisa menyebabkan penurunan kekebalan tubuh manusia. Biasanya mereka tinggal di kulit dan saluran hidung.
(d) Streptokokus adalah bakteri yang berkembang biak di mulut dan saluran pencernaan manusia serta hewan.
(e) Mikobakteria adalah bakteri dengan dinding sel mengandung lilin. Contohnya *Mycobacterium tuberculosis* yang menyebabkan penyakit *Tuberculosis* (TBC).

b) Bakteri Gram Negatif

Bakteri Gram negatif adalah bakteri yang tidak mempertahankan pewarna kristal violet selama proses pewarnaan Gram, sehingga mereka tampak merah saat diamati di bawah mikroskop. Memiliki membran ganda, membran plasma dikelilingi oleh membran luar yang bersifat permeabel dan mengandung lipopolisakarida. Dinding sel bakteri ini terdiri dari lapisan peptidoglikan yang terletak di antara membran dalam dan membran luar. Menurut (Didimus, 2015) Ciri-ciri bakteri gram negatif diantaranya:

(a) Struktur dinding sel tipis, yaitu sekitar 10-15 nanometer, memiliki lapis sebanyak tiga (trilayer)

(b) Dinding selnya memiliki lipid (lemak) yaitu 11-22%, dan peptidoglikan yang ada pada lapisan dalam.
(c) Lapisan sangat kaku dan tidak ada kandungan Asam Teikoat.
(d) Pertumbuhanya tidak terhambat oleh zat-zat pewarna seperi kristal violet (unggu).
(e) Kurang sensitif terhadap senyawa penisillin.
(f) Tidak resisten terhadap gangguan fisik.

Contoh bakteri gram negatif diantaranya:

(a) Azotobakteria, hidup di tanah dan mampu mengikat nitrogen dari udara dalam aerobik.
(b) Bakteri ungu, bakteri yang sifatnya fotoautotrof dan juga tidak menghasilkan O2.
(c) *Cyanobacteria*, yang dapat melakukan fotosintesis dan hidup di ekosistem seperti danau, kolam, dan perairan tenang. Beberapa spesies dari bakteri ini diketahui dapat memfiksasi nitrogen dari udara.
(d) Enterobakteria adalah jenis bakteri pengurai yang hidup pada bangkai, seperti tumbuhan atau tubuh hewan yang sedang membusuk.
(e) Klamidia merupakan bakteri yang dinding selnya tidak terdapat peptidoglikan. Bakteri ini umumnya bersifat parasit, hidup dengan mengandalkan energi dari inangnya. Salah satu contoh bakteri gram negatif ini adalah *Chlamydia trachomatis* (penyebab penyakit kebutaan pada manusia dan juga pada hewan).
(f) Mixobakteria adalah jenis bakteri yang memiliki pergerakan yaitu dengan cara meluncur menggunakan lendir. Bakteri ini umumnya tidak memiliki flagel, sehingga disebut bakteri atrik..
(g) *Pseudomonas*, bakteri heterotrof yang mampu menghasilkan pigmen non-fotosintetik.
(h) *Rhizobium*, bersimbiosis dengan bintil akar tanaman kacang-kacangan *(Leguminoceaee*). Bakteri ini memiliki kemampuan untuk memfiksasi nitrogen dari udara dan sering dimanfaatkan dalam bioteknologi pertanian.
(i) *Spiroseta*. Contoh bakteri gram negatif ini adalah *Treponema pallidum*.
(j) *Vibrio*, Salah satu contoh bakteri ini adalah *Vibrio cholerae*

3) Berdasarkan Kebutuhan Oksigen (Respirasi)

Meskipun bakteri adalah organisme uniseluler (bersel tunggal) dan prokariotik, mereka tetap termasuk dalam kategori makhluk hidup dan menjalankan aktivitas respirasi. Perbedaan kebutuhan oksigen digunakan sebagai dasar dalam klasifikasi bakteri, yang membagi mereka menjadi dua kelompok utama: bakteri aerob yang memerlukan oksigen dan bakteri anaerob yang tidak memerlukan oksigen. Kelompok bakteri anaerob menjadi dua jenis, yaitu bakteri anaerob obligat dan bakteri anaerob fakultatif (Adams, 2012).

a) Bakteri Aerob

Bakteri aerob ialah bakteri yang membutuhkan O2 bebas untuk proses respirasi. Bakteri ini hanya dapat berkembang di lingkungan yang mengandung cukup oksn. O2 dibutuhkan sebagai pemecah bahan organik (makanan) guna menghasilkan energi. Contoh bakteri aerob adalah *Nitrosomonas dan Nitrosococcus*. *Nitrosomonas dan Nitrosococcus* disebut bakteri nitrit karena mengoksidasi ammonia menjadi nitrit. Proses nitrifikasi ini dapat digambarkan melalui:

$$2NH_3 \text{ (amonia)} + 3O_2 \text{ (oksigen)} \rightarrow 2HNO_2 \text{ (nitrit)} + 2H_2O \text{ (air)} + \text{Energi}$$

Bakteri *Nitrobacter* dikenal sebagai bakteri nitrat karena kemampuannya mengubah ion nitrit menjadi nitrat melalui proses oksidasi . Proses oksidasi ion nitrit ini dapat digambarkan dalam bentuk reaksi kimia berikut

$$2HNO_2 \text{ (nitrit)} + 2O_2 \text{ (oksigen)} \rightarrow 2HNO_3 \text{ (nitrat)}$$

b) Bakteri Anaerob

Bakteri anaerob ialah bakteri yang tidak membutuhkan O2 bebas untuk menghasil energi. Energi didapatkan melalui penguraian senyawa organik tanpa adanya O2, yang disebut fermentasi. Bakteri anaerob terbagi dua jenis, yaitu:

a. Bakteri Anaerob obligat

Dapat berkembang biak jika tidak ada O2. Oksigen yaitu zat toxic untuk bakteri anaerob obligat. Seperti yaitu *Micrococcus denitrificans*, *Clostridium botulinum*, dan *Clostridium tetani*

b. Bakteri Anaerob fakultatif

Bakteri anaerob fakultatif bisa berkembang bagus di lingkungan yang memiliki kadar oksigen rendah. Meskipun O2 tidak dibutuhkan untuk pembuatan energi, kehadirannya bisa mempercepat proses metabolisme, menjadi sedikit O2 membuat respirasi lebih hemat jika dikomparasikan dengan kondisi anaerob. Contoh bakteri anaerob fakultatif meliputi *Streptococcus pneumoniae*, *Escherichia coli*, dan *Lactobacillus*.

b. Fungi

Fungi ialah kelompok mikroba yang termasuk dalam kelompok eukariotik heterotrofik, organisme ini tersebar luas di alam dan bersifat saprofit, memperoleh nutrisi dengan cara menguraikan bahan organik (Pujiati, 2022).Fungi, yang berasal dari bahasa Latin, didefinisikan sebagai jamur. Jamur dibagi menjadi dua kelompok, yaitu jamur makroskopis dan mikroskopis. Secara harfiah, jamur mempunyai hubungan erat dengan binatang, namun secara morfologi, jamur memiliki kempiripan dengan tanaman. Jamur tersusun atas hifa, yaitu struktur yang menyerupai benang, dan miselium, yang merupakan kumpulan dari benang-benang tersebut (Bhatti et al., 2017).

Jamur adalah organisme eukariotik yang dapat berbentuk benang atau sel tunggal, baik multiseluler maupun uniseluler. Sel-sel jamur tidak mengandung klorofil, dinding selnya tersusun dari khitin, dan belum memiliki diferensiasi jaringan. Jamur bersifat khemoorganoheterotrof karena memperoleh energi melalui oksidasi senyawa organik. Jamur memerlukan oksigen untuk kehidupannya, sehingga bersifat aerobic

Fungi bisa berkembang biak baik melalui cara seksual ataupun aseksual. Perkembangbiakan dengan seksual terjadi ketika dua hifa dari jamur yang berbeda melebur dan membentuk zigot, yang kemudian tumbuh menjadi tubuh buah. Sementara itu, secara aseksual terjadi dengan cara pembentukan spora, bertunas, atau fragmentasi hifa. Jamur memiliki struktur yang disebut sporangium, yaitu kotak spora tempat spora terbentuk. Hifa jamur yang terpotong dapat tumbuh menjadi tubuh buah dari setiap fragmen yang terpisah.

c. Khamir

Khamir, atau yang disebut juga yeast, adalah jamur bersel satu yang bersifat mikroskopis dan tidak memiliki flagela. Beberapa genus khamir dapat menciptakan filamen (*pseudomiselium*). Khamir hidup sebagai saprofit dan parasit, dan dapat ditemukan di tanah serta cairan yang memuat gula . Bentuk khamir bervariasi, mulai dari bulat (*speroid*), elips, batang, hingga silindris, seperti buah jeruk, sosis, dan sebagainya. Bentuknya yang khas dapat digunakan untuk identifikasi. Khamir dapat dikelompokkan ke dalam kelas *Ascomycetes, Basidiomycetes, dan Deuteromycetes* (Fakhrur, 2011).

C. Klasifikasi Selada Hijau (*Lactuca sativa* L.)

Selada (*Lactuca sativa* L.*)* ialah jenis tanaman sayuran dengan distribusi pasar yang tinggi. Kandungan gizi yang melimpah membuat tanaman ini memiliki potensi untuk dibudidayakan. Selada ditanam untuk dikonsumsi, yang biasanya digunakan sebagai lalapan, bahan tambahan dalam masakan, dan sebagai hiasan hidangan. Selada mempunyai peluang pasar yang luas dan peminatan yang tinggi, baik di pasar domestik maupun internasional. Komoditas tanaman ini memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan dapat meningkatkan penghasilan masyarakat. Di dalam negeri, peluang untuk budidaya selada sangat baik karena linkgungan yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman ini (Meriaty, 2021).



Gambar 2. 4 Selada hijau (sumber: dokumentasi pribadi)

Daun selada memiliki variasi bentuk, ukuran, dan warna yang bervariasi tergantung pada jenisnya. Tinggi tanaman selada daun berkisar antara 30-40 cm, sedangkan tinggi tanaman selada kepala berkisar antara 20-30 cm. Selada memiliki

sistem akar tunggang dan akar serabut. Akar serabut melekat pada batang dan tumbuh menyebar ke semua arah, mencapai kedalaman tanah sekitar 20-50 cm atau lebih (Asprillia et al., 2018).

D. Hasil penelitian dan Desain Penelitian

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini yang tercantum dalam tabel 2.1 sebagai berikut.

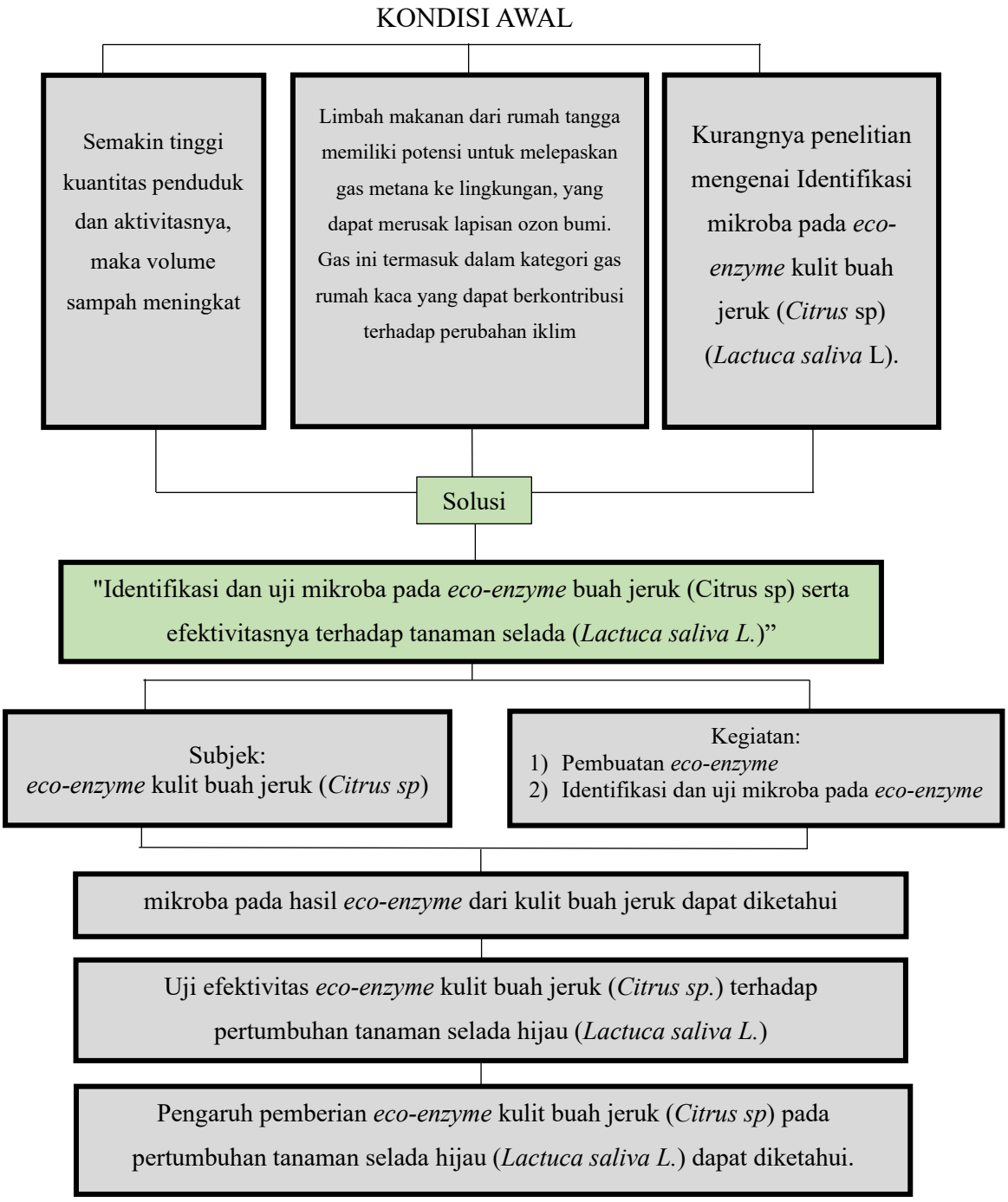
Tabel 2. 1 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tahun	Judul	Tempat Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Perbedaan dengan penelitian ini	
							Persamaan	Perbedaan
1.	Azmah Nururrahmani, M. Rio Hibatullah, Revani Ayu Nabila, Kusnandi, Peristiwati Djuanda	2023	Ekoenzim dari Berbagai Jenis Kulit Jeruk	Laboratorium Mikrobiologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia	*Experimental laboratoric*	uji organoleptik ekoenzim yang memenuhi kriteria adalah ekoenzim yang berbahan dasar kulit Jeruk Peras (*Citrus x sinensis)* dan hasil uji pH menunjukan semua kulit jeruk yang digunakan menunjukan nilai pH 3.	Menggunakan kulit jeruk sebagai bahan dasar pembuatan ekoenzim	Hasil dari ekoenzim diuji dengan uji organoleptik untuk pengukuran daya penerimaan terhadap produk yang dihasilkan
2.	A. Mahdia, P. A. Setiarini, V. F. A. Maherani, M. N. Ahsani, dan M. S. Soenarno	2022	Analisis Keefktifan Ekoenzim sebagai Pembersih Kandang Ayam	Laboratorium Fakultas Peternakan Institut Teknologi Bandung	Penelitian menggunakan metode *total plate count* untuk menghitung jumlah bakteri	Ekoenzim dari limbah kulit Jeruk (*Citrus sp)* dapat menghambat pertumbuhan *E.Coli* dan Staphylococus aureus. Hasil pengujian efektivitas	Menggunakan kulit Jeruk (*Citrus sp)* sebagai bahan dasar ekoenzim.	Cairan ekoenzim melewati pengujian mikrobiologi terlebih dahulu,

			dari Limbah Buah Jeruk		dan metode *pour plate* untuk mengetahui jenis mikrob yang terkandung di dalam cairan pembersih	ekoenzim di kandang ayam dapat menurunkan bakteri lima kali lebih banyak dibandingkan detergen.		digunakan untuk pembersih kandang hewan ternak.
3.	Nur Faj'ria, Adisti Danis Wara, Rakhma Dita Sofiyani, Nurul Fadhilah, Dewi Mustakanigtyas, Rifa' Atunnisa	2023	Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Untuk Pembuatan Ekoenzim.	Laboratorium Universitas Negeri Semarang	Kualitatif dengan mengamati perubahan warna serta perubahan bau pada produk ekoenzim	Dari waktu penelitian yang dilakukan, terjadi perubahan warna dan bau dari bulan ke 1 hingga bulan ke 3	Memakai berbagai jenis kulit buah sebagai bahan dasar ekoenzim.	Menggunakan metode kualitatif.
4.	Riska, Azwir Anhar	2022	Pengaruh Cara Pemberian Ekoenzim terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea L.*)	Laboratorium Fisiologi Tumbuhan dan rumah kawat Biologi FMIPA Universitas Negeri Padang	Eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL)	Pemberian Ekoenzim dengan perlakuan perendaman benih terhadap tinggi, luas daun, berat basah, dan berat kering tanaman sawi menghasilkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan	Pengaplikasian ekoenzim untuk digunakan sebagai pertumbuhan tanaman	Menggunakan perlakuan pemberian ekoenzim untuk menguji efektivitas ekoenzim

						pemberian ekoenzim tanpa perlakuan.		
5.	Ihdina Aurora Nurul Aulia, Dezi Handayani	2022	Keanekaragaman Cendawan dari Cairan *Ecoenzyme* dengan Sumber Bahan Organiik Berbagai Jenis Kulit Jeruk	Laboratorium Penelitian Jurusan Biologi FMIPA UNP	Metode: Deskriptif	Umumnya cendawan yang yang didapat daro fermentasi *ecoenzyme* yang terbuat dari substrat bahan organik kulit jeruk termasuk kedalam kelompok khamir.	Menggunakan kulit jeruk dalam pembuatan *eco-enzyme*	Hanya menggunakan metode deskriptif

E. Kerangka Pemingkiran



F. Asumsi

Eco-enzyme yang dihasilkan melalui fermentasi kulit buah jeruk (*Citrus sp.*) berpotensi memberikan dampak positif pada pertumbuhan dan kesehatan tanaman selada hijau ((*Lactuca saliva L.*). Mikroba yang terlibat dalam proses fermentasi berperan penting dalam menentukan kualitas *eco-enzyme* tersebut, dan bahwa *eco-enzyme* ini dapat memberikan keuntungan seperti peningkatan pertumbuhan tanaman atau perlindungan dari patogen, dengan efek yang relatif ramah lingkungan dan aman bagi tanaman.

G. Hipotesis

Berdasarkan pada rumusan masalah, asumsi, dan kerangka pemikiran yang telah disusun, hipotesis ini yaitu:

1. H_0 : Tidak terdapat perbedaan pertumbuhan tanaman selada *(Lactuca sativa* L*)* yang di beri *eco-enzyme* kulit buah jeruk (*Citrus* sp.) dengan tanaman selada yang tidak diberi *eco-enzyme* limbah kulit buah jeruk.

   H_1: Terdapat perbedaan pertumbuhan tanaman selada (*Lactuca sativa* L*)* yang diberi *eco-enzyme* kulit buah jeruk (*Citrus* sp.) dengan tanaman selada yang tidak diberi *eco-enzyme* kulit buah jeruk. Pertumbuhan tanaman selada (*Lactuca sativa* L.*)* yang diberi *eco-enzyme* kulit buah jeruk (*Citrus* sp.) lebih baik dari pada tanaman selada yang tidak diberi *eco-enzyme* kulit buah jeruk.

2. H_0 : Tidak ada korelasi antara jenis mikroorganisme dalam *eco-enzim* dengan kualitas *eco-enzyme* sebagai pupuk organik.

   H1: Terdapat korelasi antara jenis mikroorganisme dalam eco-enzim dengan kualitas eco-enzyme sebagai pupuk organik.