



Inovasi Eco-Enzyme dalam Mendukung Pemerintah Menuju Net Zero Emission di Indonesia

Fadhil Wahyu Yulistiar* dan Singgih Manggalou

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya-Indonesia

Email Correspondence: fadhilwahyu@gmail.com*, singgih.m.adneg@upnjatim.ac.id

How to Cite: Yulistiar, F. W., & Manggalou, S. (2023). Inovasi Eco-Enzyme dalam Mendukung Pemerintah Menuju Net Zero Emission di Indonesia. *Public Inspiration: Jurnal Administrasi Publik*, 8 (1): 50-60. DOI: <https://doi.org/10.22225/pi.8.1.2023.50-60>

Abstract

To support the Indonesian government's efforts in achieving the Net Zero Emission target, one reliable solution is to apply the Eco-Enzyme innovation. Eco-Enzyme is an environmentally friendly alternative solution in waste management, especially at the community level as the smallest line. By using Eco-Enzyme, organic waste can be broken down into simpler elements, making it easier and more efficient to process. Additionally, the use of Eco-Enzyme can also help reduce greenhouse gas emissions generated from waste incineration. From this, it can be concluded that the implementation of the Eco-Enzyme innovation in waste management has a positive impact on the environment and supports the government's efforts to achieve the Net Zero Emission target in Indonesia.

Keywords: Eco-Enzyme; Net Zero Emission; Waste.

Abstrak

Dalam mendukung upaya pemerintah Indonesia untuk mencapai target Net Zero Emission, salah satu solusi yang dapat diandalkan adalah dengan menerapkan inovasi Eco-Enzyme. Eco-Enzyme merupakan solusi alternatif yang ramah lingkungan dalam mengolah sampah, terutama di tingkat masyarakat sebagai lini terkecil. Dengan menggunakan Eco-Enzyme, sampah organik dapat dipecah menjadi unsur yang lebih sederhana sehingga dapat diolah dengan lebih efektif dan efisien. Selain itu, penggunaan Eco-Enzyme juga dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari pembakaran sampah. Dari sini, dapat disimpulkan bahwa penerapan inovasi Eco-Enzyme dalam pengelolaan sampah memiliki dampak positif bagi lingkungan dan mendukung upaya pemerintah dalam mencapai target Net Zero Emission di Indonesia.

Kata Kunci: Eco-Enzyme; Net Zero Emission; Sampah.

1. Pendahuluan

Net-Zero Emission (NZE) atau yang biasa disebut dengan nol emisi karbon mengacu pada keadaan yang mana jumlah karbon yang dilepaskan ke atmosfer tidak melebihi dari jumlah yang diserap oleh bumi. Untuk mencapai tujuan itu, dibutuhkan peralihan dari sistem energi saat ini ke sistem energi yang lebih bersih untuk mencapai keseimbangan antara aktivitas manusia dan keseimbangan alam (Zahira, N. P. 2022).

Definisi sampah, berdasarkan Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, merujuk pada sisa-sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padat atau semi-padat. Sampah ini dapat terdiri dari bahan-bahan organik atau anorganik yang mungkin dapat terurai atau tidak dapat terurai. Sampah dianggap sebagai sesuatu yang tidak memiliki nilai lagi dan dibuang ke lingkungan. Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, volume sampah yang dihasilkan juga meningkat. Kebiasaan masyarakat yang menganggap sampah sebagai benda yang tidak memiliki nilai dan tidak perlu dipikirkan penanganannya menyebabkan penumpukan sampah yang terus bertambah dan menghasilkan tumpukan yang tidak memiliki nilai.

Salah satu pertimbangan yang penting adalah pengurangan emisi karbon atau gas yang dihasilkan oleh berbagai aktivitas manusia dalam periode waktu tertentu, yang dikenal sebagai jejak karbon. Dampak negatif dari jejak karbon yang kita hasilkan terhadap kehidupan di bumi ini yaitu kekeringan, penurunan sumber air bersih, cuaca ekstrem, perubahan dalam rantai makanan, dan berbagai bencana alam lainnya. Setelah ditetapkannya Perjanjian Iklim Paris pada tahun 2015, program *Net-Zero Emission* (NZE) menjadi istilah yang populer. Program ini bertujuan untuk mengurangi polusi lingkungan yang dapat menyebabkan pemanasan global. Sektor energi menjadi salah satu fokus implementasi program NZE. Konsep net zero emisi itu sendiri awalnya dikemukakan Gunter Pauli pada tahun 1991, dengan menggunakan sebutan "*zero emission*". Gunter Pauli menemukan hubungan antara hasil minyak sawit dan kehancuran hutan di Asia Tenggara. Konsep *Net Zero Emission* diartikan sebagai suatu cara yang diimplementasikan melalui agenda-agenda untuk memotong emisi gas yang mengacaukan lingkungan (Matemilola, S. 2020). Agenda ini menjadi pilihan utama dalam upaya mengatasi perubahan iklim menurut *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), yang terwujud dari Perjanjian Iklim Paris di tahun 2015. Perjanjian tersebut, negara-negara sepakat menjaga agar kenaikan suhu global tidak lebih dari 2 derajat Celsius. Upaya ini dikenal sebagai Net Zero Emission (NZE), yang mengharuskan setiap negara terlibat membuat Kontribusi yang ditentukan secara nasional untuk mewujudkan nol emisi bersih pada tahun 2050 (Aprilianto, 2021).

Negara-negara di seluruh dunia berjuang untuk mencapai target net zero emission. Target ini berarti jumlah emisi yang dihasilkan sama dengan jumlah yang dihapus dari atmosfer. Beberapa negara telah berhasil mencapai target ini dan memberikan contoh bagi negara lain. Bhutan, sebuah negara yang terkenal dengan kebijakan lingkungan yang berkelanjutan, menjadi salah satu negara pertama yang mengumumkan akan mencapai net zero emission pada tahun 2020. Islandia juga telah menetapkan target untuk mencapai emisi nol netto pada tahun 2040, karena mempunyai sumber daya energi terbarukan yang banyak sekali seperti geotermal dan hidroelektrik. Selandia Baru memiliki target untuk mencapai emisi nol netto pada tahun 2050, yang diperkuat dengan undang-undang. Negara ini juga memiliki sumber daya energi terbarukan yang melimpah, dan meningkatkan upayanya dalam bidang pengurangan emisi gas rumah kaca. Swedia juga menjadi salah satu negara yang paling maju untuk mengurangi emisi gas rumah kaca, dengan mencapai target emisi nol netto pada tahun 2045 dengan bantuan teknologi ramah lingkungan dan meningkatkan efisiensi energi.

Selain itu Jerman memiliki target yang sama dengan Swedia, yaitu mencapai emisi nol netto pada tahun 2045. Negara ini mengandalkan teknologi energi terbarukan seperti angin dan matahari, serta melakukan inovasi dalam teknologi hijau. California di Amerika Serikat

juga termasuk dalam daftar negara yang telah mencapai net zero emission dengan target mencapai net zero emission pada tahun 2045. Negara bagian ini menggunakan teknologi energi terbarukan seperti surya, angin, dan biomassa untuk mencapai target tersebut. Portugal telah menetapkan target untuk mencapai net zero emission pada tahun 2050. Negara ini menggunakan sumber daya energi terbarukan seperti angin dan matahari, serta mengadopsi kebijakan hijau untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Meskipun negara-negara ini telah mengambil langkah besar untuk mencapai emisi nol netto, masih ada tantangan dan hambatan yang harus diatasi. Namun, keberhasilan negara-negara ini memberikan harapan bagi dunia bahwa target net zero emission bukanlah impian yang mustahil untuk dicapai dan dapat dicapai melalui upaya sungguh-sungguh dalam mengurangi emisi gas rumah kaca.

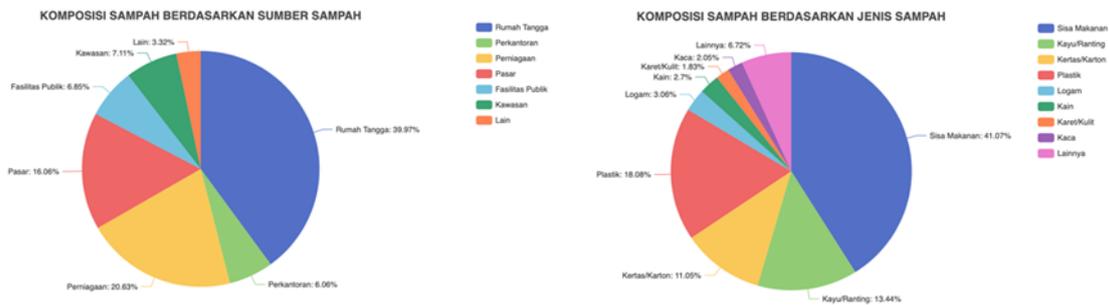


Figure 1. Produksi terbesar sampah berdasarkan sumber sampah

Sumber: SIPSN (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional, 2023)

Menurut grafik di atas dapat dikatakan bahwa produksi terbesar sampah berdasarkan sumber sampah yaitu rumah tangga dan berdasarkan jenis sampah yaitu sisa makanan. Sampah rumah tangga bisa dibagi menjadi 2 kategori yaitu:

Sampah Anorganik

Sampah anorganik merupakan jenis sampah yang terdiri dari bahan-bahan yang tidak berasal dari makhluk hidup atau tidak memiliki sifat organik. Contoh sampah anorganik meliputi bahan seperti kaca, logam, plastik, dan karet. Sampah anorganik umumnya sulit terurai secara alami dan memerlukan proses pengolahan yang lebih kompleks untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan.

Sampah Organik

Sampah organik merujuk kepada jenis sampah yang berasal dari bahan-bahan organisme hidup atau memiliki sifat organik. Contoh sampah organik yaitu meliputi sisa makanan, daun, limbah pertanian, dan lain sebagainya. Sampah organik secara alami mudah terurai oleh mikroorganisme dalam proses pembusukan atau dekomposisi.

Tabel 1. komposisi jenis sampah di kota DKI Jakarta pada tahun 2022

Komposisi Sampah	Persentase Komposisi Sampah di Provinsi DKI Jakarta		
	2020	2021	2022
Kertas	14,92	14,92	17,24
Kayu	0,87	0,87	3,18
Kain	1,11	1,11	0,90
Karet dan Kulit Tiruan	0,52	0,52	0,70
Plastik	14,02	14,02	22,95
Logam	1,82	1,82	1,08
Gelas/Kaca	2,45	2,45	1,48
Organik	53,75	53,75	49,87
Baterai	-	-	-
Lain-lain	10,54	10,54	2,60
Jumlah	100,00	100,00	100,00

Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwasanya komposisi jenis sampah di kota DKI Jakarta pada tahun 2022, jenis sampah yang paling banyak adalah sampah organik dengan persentase sekitar 49,87%. Sampah organik ini dapat diolah menjadi eco-enzyme ataupun pupuk kompos yang berguna bagi pertanian dan perkebunan. Berdasarkan data tersebut, dapat dilihat bahwa masih terdapat potensi yang besar untuk meningkatkan pengelolaan sampah di DKI Jakarta, terutama dalam hal pengolahan sampah organik menjadi eco-enzyme atau pupuk kompos. Pengelolaan sampah yang lebih baik dan efisien juga dapat membantu mengurangi dampak negatif dari penumpukan sampah, seperti pencemaran lingkungan dan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, dibutuhkan kerjasama dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta, untuk meningkatkan pengelolaan sampah di DKI Jakarta.

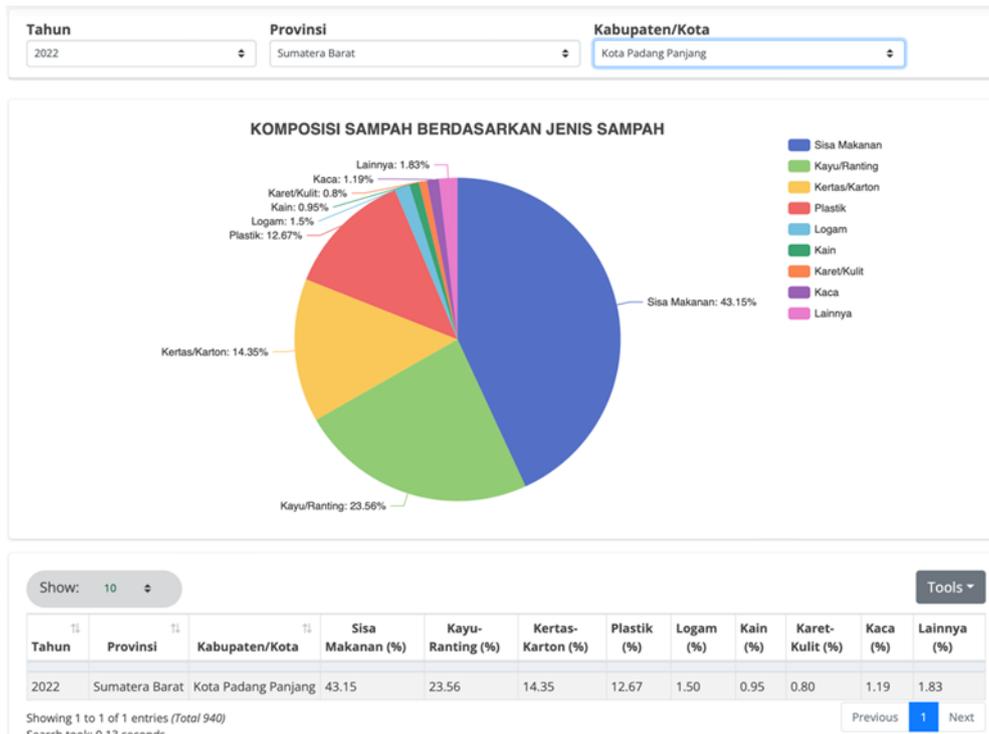


Figure 2. Komposisi sampah berdasarkan jenis

Sedangkan menurut data diatas dapat dilihat bahwasanya komposisi sampah di salah satu kota kecil yang memiliki penduduk 56.311 yaitu Kota Padang Panjang, Sumatera Barat pada tahun 2022, sampah organik menjadi komposisi sampah paling banyak dengan presentase 43,15%. Dari data tersebut menjadi contoh bahwasanya kota kecil sekalipun yang mana memiliki penduduk lebih sedikit daripada kota-kota besar tetap memproduksi sampah organik hampir sama banyaknya dengan kota besar seperti jakarta. Meskipun kota besar dan kota kecil memiliki perbedaan dalam populasi dan aktivitas yang berdampak pada jumlah total sampah yang dihasilkan, proporsi sampah organik relatif tetap. Kebutuhan dasar manusia seperti makanan dan bahan organik lainnya menyebabkan adanya sisa-sisa organik yang harus dibuang. Baik di kota besar maupun kota kecil, masyarakat menghasilkan sampah organik dalam bentuk sisa makanan, dedaunan, ranting, dan bahan organik lainnya. Oleh karena itu, penanganan sampah organik menjadi tantangan yang harus diatasi dengan efektif di semua jenis perkotaan, tidak peduli seberapa besar atau kecilnya ukuran dan populasi kota tersebut.

Meskipun sampah organik dapat terurai secara alami, namun proses tersebut seringkali menghasilkan aroma tidak sedap yang dapat menyebabkan polusi udara. Saat ini, tidak semua Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Indonesia difasilitasi dengan sistem pengelolaan sampah yang sesuai. Perkembangan dalam pengelolaan lingkungan telah mendorong pengembangan berbagai kebijakan, program, dan kegiatan yang didukung oleh

sistem pendukung pengelolaan lingkungan lainnya. Ini melibatkan upaya untuk mencegah, mengatasi kerusakan, dan mengurangi pencemaran lingkungan, serta memulihkan kualitas lingkungan.

Untuk mencapai target NZE pada tahun 2060 yang penuh ambisi, diperlukan dedikasi yang kuat. Indonesia berupaya memenuhi ambisi tersebut sambil tetap mendukung pembangunan dan pemulihan nasional yang dipengaruhi oleh meningkatnya permintaan energi. Kementerian Keuangan secara konsisten berkomunikasi dan berharap dapat mengurangi jumlah emisi CO₂ melalui Kontribusi Nasional yang ditentukan sendiri, yang dijelaskan dalam Konvensi Minyak dan Gas pada tanggal 24 November 2022. Tulisan ini berupaya mendiskusikan bagaimanakah penerapan inovasi Eco-Enzyme dalam pengelolaan sampah memiliki dampak positif bagi lingkungan dan mendukung upaya pemerintah dalam mencapai target Net Zero Emission di Indonesia.

2. Metode

Penelitian ini tergolong jenis penelitian studi literatur karena dengan mencari referensi yang relevan, analisis data review, dan data sekunder yang bersumber dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Metode studi literatur merupakan pendekatan penelitian yang dilakukan dengan menyelidiki dan menganalisis sumber-sumber tulisan yang relevan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang topik tertentu. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi temuan-temuan, pola-pola, dan kerangka teoretis yang ada dalam literatur yang dapat mendukung atau membahas masalah penelitian yang sedang dikaji.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengelolaan Sampah

Pengelolaan sampah memiliki dua tujuan utama yaitu mengubah sampah menjadi bahan yang memiliki nilai ekonomi dan mengolah sampah sehingga tidak membahayakan lingkungan. Namun, tumpukan besar sampah di tempat pembuangan akhir dapat menyebabkan masalah seperti bau yang tidak sedap dan genangan air akibat hujan yang menggenangi tumpukan sampah, yang kemudian menjadi sumber penyakit. Selain itu, tumpukan sampah juga dapat melepaskan gas metana (CH₄) yang meningkatkan emisi gas rumah kaca. Gas metana tersebut dapat berkontribusi pada pemanasan global dan berdampak pada penipisan lapisan ozon. Jika lapisan ozon semakin tipis, sinar matahari akan langsung masuk ke Bumi dan pemantulan sinar matahari akan menjadi lemah karena terhalang oleh metana. Gas metana ini sulit terurai secara alami di atmosfer, yang memperburuk masalah pemanasan global.

Proses alami dalam penguraian sampah membutuhkan waktu yang lamban dan memerlukan biaya yang tinggi bagi menangani sampah anorganik. Sedangkan untuk sampah organik, walaupun dapat terurai secara alami, tetapi dapat menimbulkan bau yang mengakibatkan polusi udara. Sekarang, tidak semua tempat pembuangan akhir sampah di Indonesia dilengkapi oleh sistem pengelolaan yang memadai. Hingga sekarang, cara pengelolaan sampah yang umum diterapkan merupakan dengan mengumpulkan serta mengangkut sampah untuk dibuang. Meskipun begitu, satu-satunya solusi utama bagi sebuah kota untuk menangani masalah sampah adalah dengan menggunakan Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Namun, sering kali pihak pengelola kota tidak memberikan perhatian serius terhadap TPA sehingga terjadi kegagalan dalam pengelolaan sampah. Pihak pemerintah kota mungkin memiliki anggapan bahwa TPA yang dimiliki sudah bisa menuntaskan seluruh masalah sampah tanpa harus memberikan perhatian yang memadai kepada fasilitas tersebut. Oleh karena itu, TPA bisa menjadi ancaman bagi pemerintah kota karena dapat berpotensi menjadi masalah besar di masa depan. Tempat pembuangan sampah seringkali dianggap hanya sebagai lahan kosong untuk meninggalkan ataupun menimbun sampah tanpa adanya pengendalian lanjutan. Wilayah sekitar pembuangan sampah sampai sering dijadikan tempat tinggal oleh pemulung yang mana mencari sumber penghidupan

melalui sampah yang ditimbulkan oleh masyarakat (Endah, 2015).

Sampah adalah hasil sisa dari aktivitas manusia yang bisa berupa benda padat atau cair. Sampah tersebut dapat beragam seperti zat organik yang dapat terurai atau anorganik yang tidak dapat terurai, dan tidak lagi memiliki nilai atau kegunaan (sehingga dibuang ke lingkungan). Di Indonesia, diperkirakan terjadi produksi sebanyak 19.5 juta ton sampah setiap tahunnya. Berdasarkan data yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), mayoritas limbah yang dihasilkan adalah limbah organik, yang mencapai 60% dari total sampah. Sampah organik ini berasal terutama dari rumah tangga, restoran, dan pedagang kaki lima, dan umumnya berupa kulit buah dan sayuran. Akibat penimbunan sampah organik di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), terjadi peningkatan degradasi kebersihan lingkungan karena sampah organik ini menghasilkan gas metan, yang memiliki daya rusak lebih kuat daripada karbon dan berkontribusi terhadap pemanasan global. Masih terdapat kekurangan dalam pengelolaan sampah yang organik, yang mana seperti sayuran dan kulit buah-buahan. Sampah organik tidak dapat dipisahkan serta langsung dibuang, padahal sampah organik yang masih baik atau tidak busuk dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan rumah tangga. Dengan memanfaatkan kembali sampah organik ini, dapat mengurangi biaya keperluan rumah tangga. Perlu adanya perbaikan dalam pengelolaan sampah organik agar dapat dioptimalkan.

Pada dasarnya, sampah bukanlah sesuatu yang merugikan manusia. Jika manusia memiliki pemahaman yang tepat tentang teknik pengolahan, sampah memiliki peluang untuk diubah menjadi sesuatu yang memiliki manfaat. Namun, saat ini masih banyak masyarakat yang menggunakan metode pengolahan sampah yang tradisional dan kurang ramah lingkungan. Salah satu langkah sederhana dalam pengelolaan sampah merupakan dengan menerapkan prinsip 3R (Reduce, Reuse, dan Recycle). Dengan menerapkan metode ini, setidaknya masyarakat telah berkontribusi dalam memilah dan mengolah sampah secara efektif dan sesuai prosedur yang benar (Yunik'ati, et al. 2019).

Pengolahan Sampah Organik dengan Eco-Enzyme

Salah satu inovasi yang bisa digunakan dengan sampah kulit buah dan sayuran adalah mengolahnya menjadi eco-enzyme, sehingga dapat menghasilkan produk berbasis bio yang memiliki nilai tambah. Inovasi ini pada akhirnya dapat membantu mengurangi produksi gas rumah kaca. Sampah atau limbah memiliki potensi untuk diubah menjadi sesuatu yang memiliki nilai dan manfaat yang lebih tinggi. Salah satu cara untuk melakukannya adalah dengan menciptakan Eco-enzyme, yang menggunakan bahan dan peralatan dari limbah organik dan anorganik yang dapat dengan mudah ditemukan di sekitar lingkungan kita. Istilah didalam Bahasa Indonesia untuk Eco-enzyme adalah "ekoenzim". Eco-enzyme merupakan inovasi dalam pengolahan limbah organik yang sering dihasilkan oleh masyarakat dari limbah rumah tangga.

Eco-enzyme merupakan larutan yang diproduksi melalui proses pengolahan limbah sisa-sisa sayuran dan buah-buahan menggunakan campuran molase atau gula dan air dalam perbandingan tertentu, yaitu 1:3:10. Eco-enzyme cair memiliki tampilan berwarna coklat gelap dan memancarkan aroma yang segar serta memiliki rasa asam yang khas. Komposisi eco-enzyme meliputi asam asetat, koloni bakteri asam laktat (BAL), hidrogen peroksida, etanol, enzim (lipase, tripsin, amilase), dan enzim protease. Bahan organik utama yang dapat dimanfaatkan untuk membuat *eco-enzyme* adalah limbah kulit buah seperti nenas, pepaya, jeruk, mangga, pisang, semangka, melon, dan sebagainya. Sedangkan untuk sayuran, beberapa contoh yang dapat digunakan adalah kangkung, kacang panjang, jagung muda, dan tongkol, serta jenis sayuran lainnya. Meskipun demikian, berdasarkan hasil penelitian, eco-enzyme berbahan dasar kulit buah segar lebih efektif daripada yang berbahan dasar sayuran. Proses pembuatan eco-enzyme dapat menghasilkan reduksi sampah organik hingga 73,3% dari 1 ton limbah organik, dengan menghasilkan 3000 liter eco-enzyme dalam 3 bulan (Hidayat, M. R. 2023).

Proses pembuatan Eco-enzyme ini ramah lingkungan dan sederhana sehingga dapat dilakukan oleh semua orang yang bergerak di bidang pertanian. Meskipun pengolahan Eco-enzyme dalam skala besar masih jarang dilakukan saat ini, namun memiliki potensi yang besar karena manfaat yang dapat dihasilkan juga cukup banyak. Larutan eco-enzyme yang dihasilkan dapat digunakan untuk membuat berbagai produk yang ramah lingkungan dan berkualitas, seperti pembersih lantai atau karbol, hand sanitizer, pupuk organik, dan masih banyak lagi. Dalam hal ini, sisa-sisa sayur dan buah digunakan untuk pembuatan pupuk karena kulit buah mengandung senyawa metabolit seperti flavonoid, alkaloid, dan saponin yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen. Sementara itu, sisa nasi dari limbah rumah tangga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan Mikroorganisme Lokal (MOL) yang digunakan sebagai molase dalam pembuatan Eco-enzyme. Biasanya, pembuatan Eco-enzyme menggunakan molase seperti gula pasir atau gula merah, tetapi hal itu dapat disesuaikan dengan ketersediaan bahan dan hasil yang diinginkan dari Eco-enzyme. Selain gula pasir dan gula merah, air cucian beras juga dapat digunakan.

Evaluasi dari proses fermentasi pembuatan Eco-enzyme dapat dilakukan dengan memperhatikan beberapa indikator seperti warna, aroma, dan keberadaan jamur putih. Warna larutan fermentasi Eco-enzyme biasanya berwarna kecoklatan dan keruh tergantung pada jenis mikroorganisme yang digunakan. Aroma yang dihasilkan juga sesuai dengan bahan yang digunakan, tidak berbau busuk. Jika pengolahan berjalan dengan baik, larutan eco-enzyme akan memiliki aroma seperti alkohol sesudah 1 bulan fermentasi, seta aroma segar seperti cuka sesudah 2 bulan. Keberadaan jamur berwarna putih menjadi indikator keberhasilan pembuatan Eco-enzyme. Jika jamur yang terbentuk berwarna hitam, berarti hasil fermentasi tidak berhasil. Jika semua indikator telah terpenuhi, Eco-enzyme siap digunakan.

Membuat eco-enzyme sendiri di rumah adalah cara yang mudah dan murah untuk menghasilkan solusi *eco-friendly*. Bahan yang dipakai untuk membuat eco-enzyme, seperti molase atau gula, air, dan buah-buahan ataupun sayuran, dapat ditemukan dengan mudah di rumah atau dibeli dengan harga yang terjangkau. Dalam proses pembuatan eco-enzyme, tidak diperlukan peralatan khusus yang mahal. Sebuah wadah yang cukup besar seperti botol kaca atau ember plastik yang tidak terpakai sudah cukup. Proses pengolahan *eco-enzyme* pun sangat sederhana serta tidak membutuhkan keahlian khusus. Yang perlu dilakukan hanyalah mencampurkan bahan-bahan tersebut dalam wadah yang tepat dan membiarkannya mengalami proses fermentasi selama beberapa minggu. Dengan membuat eco-enzyme sendiri di rumah, kita dapat menghemat biaya yang biasanya dikeluarkan untuk membeli produk sejenis di pasaran. Penggunaan eco-enzyme dalam jangka panjang dapat menghemat biaya karena dapat digunakan sebagai pengganti bahan kimia berbahaya dalam keperluan sehari-hari seperti membersihkan rumah atau kebun. *Eco-enzyme* bisa dimanfaatkan menjadi pembersih rumah tangga, pupuk yang organik, pestisida alami, dan sejenisnya. Oleh karena itu, pembuatan eco-enzyme merupakan alternatif yang murah dan mudah dalam meminimalisir pemakaian bahan kimia yang berbahaya pada kehidupan sehari-hari. Eco-enzyme dapat dibuat sendiri di rumah yang mana menggunakan biaya yang sangat murah serta cara yang mudah. Selain itu, penggunaan eco-enzyme dapat menghemat biaya dalam jangka panjang karena dapat digunakan sebagai pengganti bahan kimia berbahaya yang umumnya lebih mahal (Megah, S. I. 2018).

Denpasar, Bali telah menjadi salah satu daerah yang aktif dalam mengimplementasikan penggunaan eco-enzyme dalam pengelolaan limbah. Sebagai kota yang berkomitmen untuk menjaga kelestarian lingkungan dan keberlanjutan, Denpasar menyadari pentingnya penggunaan eco-enzyme sebagai solusi yang ramah lingkungan dalam mengurai limbah organik. Dengan adopsi eco-enzyme, Denpasar memperlihatkan kesadaran tinggi terhadap pengelolaan limbah yang berkelanjutan, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, dan mendorong pemanfaatan limbah sebagai sumber daya yang bernilai. Dengan mengadopsi eco-enzyme sebagai bagian dari strategi pengelolaan limbah, Denpasar berusaha untuk meminimalkan dampak negatif yang dihasilkan oleh limbah dan

meningkatkan keberlanjutan lingkungan. Langkah ini menunjukkan bahwa Bali, dengan keindahan alam dan budayanya yang khas, juga berperan sebagai pemimpin dalam menerapkan praktik berkelanjutan dalam pengelolaan limbah di tingkat kota. Menurut Jokoryanto, eksperimen penerapan aplikasi penyiraman eco enzyme di TPA Suwung merupakan tindakan awal untuk mewujudkan Bali sebagai Pulau Eco Enzyme. Selain mampu mengurai bahan kimia dalam tanah, penyiraman eco enzyme juga memiliki potensi untuk meningkatkan kesuburan tanah. Jokoryanto mengungkapkan bahwa eco enzyme memiliki kemampuan untuk menetralkan air lindi yang dihasilkan oleh sampah dan menguraikan berbagai polutan udara. Diharapkan bahwa penerapan eco enzyme di TPA Suwung dapat memberikan kontribusi dalam mempercepat proses penguraian limbah, sehingga volume sampah dapat diminimalisir. Hal ini sangat penting mengingat sekitar 70% sampah yang diproduksi di Denpasar merupakan jenis sampah organik (Warmadewa. 2021).

Biaya yang dibutuhkan untuk menerapkan program eco-enzyme sebagai suatu kebijakan atau program pemerintah dapat beragam tergantung pada beberapa faktor, seperti skala implementasi, luas wilayah yang tercakup, jumlah penduduk, dan infrastruktur yang tersedia. Sebagai gambaran, terdapat beberapa komponen biaya yang terkait dengan program eco-enzyme. Pertama, biaya produksi eco-enzyme meliputi pembelian bahan baku organik atau didapat dari tempat pembuangan akhir, seperti buah-buahan atau sayuran, serta wadah atau alat yang diperlukan untuk proses fermentasi. Biaya ini dapat bervariasi tergantung pada volume produksi yang diinginkan. Kedua, biaya pelatihan dan pendidikan untuk masyarakat, petugas pemerintah, dan pengelola limbah juga perlu diperhitungkan. Ini meliputi penyediaan fasilitas pelatihan, materi edukasi, serta instruktur atau ahli yang akan memberikan pelatihan yang efektif. Ketiga, biaya infrastruktur dan fasilitas menjadi faktor penting dalam implementasi program eco-enzyme. Ini meliputi perencanaan, konstruksi, dan pemeliharaan tempat produksi, tempat penyimpanan eco-enzyme, serta fasilitas untuk penyiraman atau penggunaan eco-enzyme. Keempat, biaya monitoring dan evaluasi juga diperlukan untuk memastikan keberhasilan program eco-enzyme. Biaya ini meliputi pengumpulan data, analisis, serta pelaporan hasil. Monitoring yang baik akan membantu mengukur efektivitas program dan mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan. Terakhir, biaya promosi dan kesadaran masyarakat harus dipertimbangkan untuk mendukung adopsi dan partisipasi dalam program eco-enzyme. Ini termasuk kegiatan kampanye sosial, penerbitan materi informasi, acara publik, atau penggunaan media sosial untuk meningkatkan pemahaman dan partisipasi masyarakat. Namun, penting untuk dicatat bahwa biaya sebenarnya akan sangat bergantung pada konteks dan skala implementasi yang lebih spesifik, serta ketersediaan sumber daya dan kebijakan yang diterapkan oleh pemerintah setempat.

Selain itu dalam implementasi program eco-enzyme sebagai program pemerintah, jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan akan beragam tergantung pada ukuran dan kompleksitas program. Beberapa peran yang mungkin diperlukan dalam tim implementasi termasuk tim Manajemen Program yang bertanggung jawab merencanakan, mengoordinasikan, dan memantau pelaksanaan program secara keseluruhan, ahli lingkungan yang merancang dan mengawasi aspek teknis dan lingkungan program, ahli pertanian atau kehutanan yang membantu mengintegrasikan program dengan sektor pertanian atau kehutanan, pelatih dan pendidik yang memberikan pelatihan tentang penggunaan dan manfaat eco-enzyme, petugas lapangan yang terlibat langsung dalam produksi dan penggunaan eco-enzyme, serta tim monitoring dan evaluasi yang mengumpulkan data, menganalisis, dan mengevaluasi pelaksanaan program. Jumlah dan komposisi tenaga kerja ini akan disesuaikan dengan skala program, wilayah yang tercakup, dan sumber daya yang tersedia, dan peran-peran ini dapat diisi oleh petugas pemerintah, ahli independen, atau melibatkan partisipasi masyarakat setempat.

Ada beberapa alasan mengapa eco-enzyme mungkin tidak diaplikasikan secara massal di setiap Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Indonesia yaitu kesadaran dan pendidikan yang mana masih ada kurangnya kesadaran dan pemahaman yang luas tentang eco-enzyme

di kalangan pengelola TPA dan masyarakat umum. Kurangnya pengetahuan tentang manfaat dan cara penggunaan eco-enzyme dapat menjadi hambatan dalam memperluas penggunaannya. Infrastruktur dan sumber daya yang mana implementasi eco-enzyme membutuhkan infrastruktur dan sumber daya yang memadai. Proses produksi dan penggunaan eco-enzyme memerlukan tempat yang sesuai, perlengkapan, dan bahan baku organik yang memadai. Tidak semua TPA mempunyai sarana dan sumber daya yang layak untuk menerapkan eco-enzyme secara massal. Regulasi dan kebijakan yang mana kurangnya dukungan dan kebijakan yang jelas dari pemerintah terkait penggunaan eco-enzyme dalam pengelolaan limbah di TPA juga dapat menjadi faktor penghambat. Kebijakan yang mempromosikan dan mendorong penggunaan eco-enzyme secara massal dapat meningkatkan adopsi dan implementasinya. Biaya dan efektivitas yang mana penggunaan eco-enzyme mungkin dianggap sebagai biaya tambahan atau belum terbukti efektif secara ekonomi bagi pengelola TPA. Perubahan dalam metode pengelolaan limbah yang sudah mapan dan biaya produksi eco-enzyme sendiri dapat menjadi pertimbangan dalam mengadopsi eco-enzyme secara massal. Data dan bukti ilmiah yang lebih kuat mengenai efektivitas, keamanan, dan manfaatnya dapat meningkatkan penerimaan dan penggunaan eco-enzyme di TPA. Dalam rangka memperluas penggunaan eco-enzyme di setiap TPA di Indonesia, penting untuk meningkatkan kesadaran, memberikan pelatihan, dan mendukung penelitian yang mendalam mengenai eco-enzyme. Kolaborasi antara pemerintah, lembaga penelitian, pengelola TPA, dan masyarakat dapat mempercepat adopsi dan implementasi eco-enzyme dalam pengelolaan limbah secara massal (Harisal, H. 2022).

Tidak selalu harus dengan tindakan besar dan kompleks dari pemerintah atau swasta untuk mewujudkan net zero emission atau nol emisi karbon. Masyarakat juga dapat melakukan tindakan sederhana untuk mengurangi dampak karbon dioksida, seperti mengelola sampah organik sehingga jadi produk *eco-enzyme*. Meskipun tindakan tersebut terlihat kecil, namun memiliki dampak signifikan dalam skala yang lebih besar untuk mencapai tujuan net zero emission. Mengolah sampah organik menjadi eco-enzyme juga dapat membantu meminimalkan banyaknya sampah yang berakhir di tempat pembuangan akhir atau landfill, sehingga bisa mengurangi dampak lingkungan negatif. Proses pengelolaan sampah organik menjadi *eco-enzyme* juga sangat sederhana dan dapat dikerjakan oleh siapa saja, bisa dari rumah tangga hingga seluruh masyarakat. Penggunaan eco-enzyme yang berasal dari sampah organik juga dapat mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya, sehingga dapat membantu mengurangi dampak lingkungan negatif dalam jangka panjang. Oleh karena itu, tindakan sederhana seperti mengolah sampah organik berubah menjadi eco-enzyme dapat memberikan dampak positif untuk masyarakat dan lingkungan. Dengan memulai tindakan sederhana ini, setiap individu dapat memberikan kontribusi dalam mencapai tujuan net zero emission. Dampak yang dihasilkan mungkin kecil, namun jika dilakukan secara massal dan konsisten, maka dapat memberikan dampak positif yang besar bagi lingkungan. Oleh karena itu, setiap orang dapat memulai tindakan sederhana ini untuk mewujudkan tujuan net zero emission.

4. Kesimpulan

Eco-enzyme merupakan solusi ramah lingkungan yang mudah untuk dibuat dan dapat dilakukan di rumah menggunakan biaya yang sangat minimal. Bahan yang digunakan untuk membuat *eco-enzyme* seperti molase atau gula, air, dan buah-buahan atau sayuran biasanya tersedia dengan mudah di rumah atau dapat dibeli dengan harga yang murah. Pembuatan eco-enzyme tidak memerlukan peralatan khusus yang mahal. Anda hanya memerlukan tempat yang lumayan besar untuk mengolah bahan-bahan, seperti botol kaca atau ember plastik yang tidak digunakan. Selain itu, proses pengolahan *eco-enzyme* sangat sederhana yang mana tidak memerlukan keahlian khusus. Anda hanya perlu mencampurkan bahan-bahan tersebut dalam wadah yang tepat, dan kemudian membiarkannya mengalami proses fermentasi selama beberapa minggu. Dalam jangka panjang, penggunaan eco-enzyme juga dapat menghemat biaya karena dapat digunakan sebagai pengganti bahan kimia berbahaya

dalam berbagai keperluan sehari-hari, seperti membersihkan rumah atau kebun. *Eco-enzyme* dapat dimanfaatkan menjadi pembersih rumah tangga, pupuk organik, pestisida alami, dan sebagainya. Dengan membuat *eco-enzyme* sendiri di rumah, Anda dapat menghemat biaya yang dikeluarkan untuk membeli produk-produk tersebut di pasaran. Dalam kesimpulannya, pembuatan *eco-enzyme* merupakan alternatif yang murah dan mudah untuk meminimalisir pemakaian bahan kimia yang berbahaya dalam kehidupan sehari-hari. Dengan biaya yang sangat sedikit dan proses yang sederhana, *eco-enzyme* dapat dibuat sendiri di rumah dengan mudah. Selain itu, penggunaan *eco-enzyme* juga dapat menghemat biaya dalam jangka panjang karena dapat digunakan sebagai pengganti bahan kimia berbahaya yang umumnya lebih mahal.

Daftar Pustaka

- Agustina, A., & Pratiwi, K. T. (2021). Pengolahan Limbah Akomodasi Menjadi Eco Enzyme pada Pelaku Wisata di Desa Sidemen Bali. *Indonesian Journal Of Community Service*, 1(2), 460-467. ISO 690
- Aprilianto, R. A., & Ariefianto, R. M. (2021). Peluang Dan Tantangan Menuju Net Zero Emission (NZE) Menggunakan Variable Renewable Energy (VRE) Pada Sistem Ketenagalistrikan Di Indonesia. *Jurnal Paradigma: Jurnal Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana Indonesia*, 2(2), 1-13
- Badan Pusat Statistik Provinsi DKI Jakarta. (2023). Persentase Komposisi Sampah di Provinsi DKI Jakarta 2020-2022. <https://jakarta.bps.go.id/indicator/27/572/1/persentase-komposisi-sampah-di-provinsi-dki-jakarta.html>. Accessed May 10, 2023.
- Dewi, P. A. V. H., & Utama, I. W. (2022). Pengolahan Sampah Organik melalui Konsep Eco Enzyme bagi Rumah Tangga di Desa Dalung Masa Pandemi. *Empowerment: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(01), 93-100.
- Endah, S. M. D. (2015). Menuju Gaya Hidup Ramah Lingkungan: Sebuah Ilustrasi Tentang Sampah.
- Harisal, H., Astuti, N. W. W., Yulianthi, A. D., Dewi, N. W. S., & Solihin, S. (2022). Peningkatan Protokol Kesehatan untuk Daerah Tujuan Wisata dengan Pelatihan Pembuatan Eco Enzyme sebagai Desinfektan di Temukus, Rendang, Karangasem. *Bhakti Persada Jurnal Aplikasi IPTEKS*, 8(2), 125-133.
- Hidayat, M. R., Acoustia, C., Zaitun, V. I., Dirhan, C. A., Nurhasanah, S. F., Audina, O. R., ... & Suhelmi, R. (2023). Pemanfaatan Eco-Enzyme Dalam Kegiatan Praktik Belajar Lapangan Kepada Masyarakat. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 7(2), 1435-1445.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2023). GRAFIK KOMPOSISI SAMPAH. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>. Accessed May 01, 2023.
- Matemilola, S., & Salami, H. A. (2020). Net zero emission. *Encyclopedia of Sustainable Management*. Springer Nature, Switzerland, 1-6
- Megah, S. I., Dewi, D. S., & Wilany, E. (2018). Pemanfaatan limbah rumah tangga digunakan untuk obat dan kebersihan. *Minda Baharu*, 2(1), 50-58.
- Nurliah, N., Elika, S., & Sagena, U. W. (2022). Sosialisasi Pengelolaan dan Pemanfaatan Sampah Organik Rumah Tangga Dalam Memproduksi Ekoenzim. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Madani (JPMM)*, 2(1), 33-39.
- Prarikeslan, W., Novio, R., & Nora, D. (2023). Pengelolaan Limbah Organik Petani Untuk Mengatasi Kelangkaan Pupuk Bersubsidi. *Abdi: Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 5(1), 101-108.
- Saifuddin, S., Syahyadi, R., Nahar, N., & Bahri, S. (2021). Peningkatan Kualitas Utilization of Domestic Waste for Bar Soap and Enzym Cleaner (Ecoenzym) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Sabun. *Jurnal Vokasi*, 5(1), 45-56.

- Tumpu, M., Lopian, F. E. P., Pasanda, O. S., Muliawan, I. W., Indrayani, P., & Yasa, I. G. M. (2022). ENERGI HIJAU. TOHAR MEDIA.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah.
- Warmadewa. 2021. Bali Ditarget Menjadi Pulau Eco Enzyme Pertama di Dunia. <https://www.warmadewa.ac.id/berita/detail/1422/Bali-Ditarget-Menjadi-Pulau-Eco-Enzyme-Pertama-di-Dunia.html>. Accessed May 21, 2023.
- Yulistia, E., & Chimayati, R. L. (2021). Pemanfaatan limbah organik menjadi ekoenzim. *UNBARA Environmental Engineering Journal (UEEJ)*, 2(01), 1-6.
- Yulistia, E., & Chimayati, R. L. (2021). Pemanfaatan limbah organik menjadi ekoenzim. *UNBARA Environmental Engineering Journal (UEEJ)*, 2(01), 1-6.
- Yunik'ati, Imam, R.M., Hariyadi, F., & Choirotin, I. (2019). Sadar Pilah Sampah dengan Konsep 4R (Reduce, Reuse, Recycle, Replace) di Desa Gedongarum, Kanor, Bojonegoro. *Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 81-87.
- Zahira, N. P., & Fadillah, D. P. (2022). Pemerintah Indonesia Menuju Target Net Zero Emission (Nze) Tahun 2060 Dengan Variable Renewable Energy (VRE) Di Indonesia. *Jurnal Ilmu Sosial*, 2(2), 114-119.
- Zuraida, A. (2023). Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Sebagai Pupuk Organik Cair Dan Eco Enzym Di Kelurahan Kuin Utara.
- Zuraida, A. (2023). Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Sebagai Pupuk Organik Cair Dan Eco Enzym Di Kelurahan Kuin Utara.
- Zuraida, A. (2023). Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Sebagai Pupuk Organik Cair Dan Eco Enzym Di Kelurahan Kuin Utara.