

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pencemaran Tanah

Pencemaran tanah adalah keadaan di mana bahan kimia buatan manusia masuk dan merubah lingkungan tanah alami (S.Si,M.Si, 2015). Sehingga mengganggu fungsi tanah sebagai media tumbuh tanaman, habitat organisme, serta penyangga lingkungan hidup. Pencemaran tanah adalah keadaan di mana bahan kimia buatan manusia masuk dan merubah lingkungan tanah alami. Suatu lingkungan dikatakan tercemar apabila terjadi perubahan pada tatanan lingkungan tersebut sehingga berbeda dari kondisi alaminya akibat masuknya atau dimasukkannya zat atau benda asing ke dalam lingkungan.

Berdasarkan (Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun, 2014) tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, pencemaran tanah dapat terjadi akibat masuknya bahan pencemar yang melebihi ambang batas baku mutu, baik yang berasal dari sumber organik maupun anorganik. Pencemaran tersebut dapat menyebabkan perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga berdampak pada menurunnya produktivitas lahan dan terganggunya keseimbangan ekosistem tanah.

Permasalahan pencemaran tanah semakin meningkat seiring dengan tingginya produksi sampah. Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional menunjukkan bahwa Indonesia menghasilkan sekitar 35,1 juta ton sampah per tahun, dengan komposisi sampah organik mencapai sekitar 63%. Penanganan

sampah yang tidak tepat, seperti praktik penimbunan terbuka (open dumping), berpotensi menurunkan kualitas tanah akibat peningkatan kadar air, pembentukan lindi, perubahan pH tanah, serta akumulasi senyawa berbahaya.

Pencemaran tanah di provinsi Bali berkaitan erat dengan tingginya timbulan sampah organik yang berasal dari aktivitas rumah tangga, pasar tradisional, dan sektor pariwisata. Berdasarkan data SIPSN tahun 2025, timbulan sampah di Bali mencapai lebih dari 3.198 ton per hari, dengan sekitar 74% di antaranya merupakan sampah organik. Ketergantungan pada metode open dumping di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) menyebabkan banyak lahan, khususnya di sekitar permukiman menjadi rentan terhadap pencemaran tanah dan air tanah. Penutupan TPA Suwung akibat keterbatasan kapasitas dan dampak lingkungan mendorong masyarakat untuk mulai mengelola sampah organik secara mandiri melalui berbagai inisiatif berbasis rumah tangga dan desa, termasuk pemanfaatan *eco enzyme*.

Permasalahan serupa juga terjadi di tingkat lokal, khususnya di Desa Serampingan. Pengelolaan sampah organik yang masih dilakukan dengan cara penimbunan langsung di atas tanah tanpa pengolahan menyebabkan terjadinya degradasi kualitas tanah. Kondisi tersebut ditandai dengan perubahan pH tanah yang cenderung menjadi masam serta meningkatnya kelembaban tanah. Apabila kondisi ini dibiarkan, maka dapat menurunkan kesuburan tanah dan berdampak negatif terhadap lingkungan serta kesehatan masyarakat sekitar.

Menurut SNI 19-3983-1995 tentang Spesifikasi Sampah Domestik, sampah di Indonesia didominasi oleh sampah organik dengan persentase lebih dari

60% dari total timbunan sampah. Sampah organik berasal dari sisa makhluk hidup, seperti sisa makanan, kulit buah, sayuran, daun, dan limbah pertanian, yang memiliki kandungan air tinggi dan mudah terurai. Karakteristik tersebut menyebabkan sampah organik mudah membusuk, menimbulkan bau tidak sedap, serta menghasilkan lindi yang berpotensi mencemari tanah dan air tanah.

Secara proses, sampah organik yang menumpuk di tanah akan mengalami dekomposisi secara anaerob apabila tertimbun tanpa aerasi yang cukup. Proses ini menghasilkan asam-asam organik, gas metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), serta senyawa berbau seperti amonia (NH_3) dan hidrogen sulfida (H_2S). Akibatnya, tanah di bawah timbunan sampah mengalami penurunan pH, peningkatan kadar air, serta gangguan aktivitas mikroorganisme tanah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pencemaran tanah akibat sampah organik memerlukan penanganan yang tepat melalui pengelolaan sampah yang berkelanjutan dan penerapan teknologi perbaikan tanah yang ramah lingkungan, salah satunya melalui bioremediasi menggunakan *eco enzyme*.

B. Bioremediasi Tanah

Bioremediasi merupakan metode penanganan pencemaran lingkungan dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan, menstabilkan, atau menghilangkan senyawa pencemar pada media tanah, air tanah, maupun air permukaan sehingga lingkungan kembali mendekati kondisi alaminya (Catur Puspawati, ST, MKMP. Haryono, SKM, 2018). Dalam proses bioremediasi, mikroorganisme menghasilkan enzim-enzim yang berperan dalam memodifikasi polutan melalui proses biotransformasi.

Menurut (Supriatna, Siahaan and Restiaty, 2021), bioremediasi bertujuan untuk memecah atau mendegradasi zat pencemar menjadi senyawa yang lebih sederhana dan kurang beracun, seperti karbon dioksida dan air. Pada banyak kasus, proses biotransformasi akan berlanjut menjadi biodegradasi, yaitu perubahan struktur senyawa pencemar yang kompleks menjadi metabolit yang tidak berbahaya (Awaluddin and Tangahu, 2020).

Bioremediasi dinilai lebih ramah lingkungan dibandingkan metode pengolahan fisik dan kimia karena menghasilkan limbah yang relatif lebih sedikit serta mampu memperbaiki lahan tercemar secara menyeluruh (Dwi Juli Puspitasari, 2016). Menurut penelitian (Madonna, 2024), Keberhasilan bioremediasi untuk diaplikasikan pada suatu lokasi perlu diiringi dengan informasi dan pengetahuan tambahan tentang karakteristik polutan dan kondisi lingkungan di lokasi tercemar.

C. Jenis – Jenis Bioremediasi

Jenis-jenis bioremediasi adalah sebagai berikut:

a. Biostimulasi

Nutrien dan oksigen, dalam bentuk cair atau gas, ditambahkan ke dalam air atau tanah yang tercemar untuk memperkuat pertumbuhan dan aktivitas bakteri remediasi yang telah ada di dalam air atau tanah tersebut.

b. Bioaugmentasi

Bioaugmentasi dilakukan dengan menambahkan mikroorganisme tertentu ke dalam lingkungan tercemar untuk mempercepat proses degradasi

kontaminan. Namun, metode ini memiliki kendala, seperti kesulitan mengontrol kondisi lingkungan agar mikroorganisme dapat berkembang secara optimal. Bioaugmentasi dapat dilakukan jika populasi mikroba indigenous pendegradasi polutan di lokasi tersebut jumlahnya rendah, sehingga perlu penambahan mikroba ke lokasi yang tercemar (Calvina *et al.*, 2024).

c. Bioremediasi intrinsik

Bioremediasi jenis ini terjadi secara alami di dalam air atau tanah yang tercemar. Di masa yang akan datang, mikroorganisme rekombinan dapat menyediakan cara yang efektif untuk mengurangi senyawa-senyawa kimiawi yang berbahaya di lingkungan kita.

D. *Eco Enzyme*

Eco enzyme merupakan cairan hasil fermentasi limbah organik rumah tangga, seperti sisa buah dan sayuran dengan penambahan gula dan air selama periode fermentasi sekitar 3–6 bulan (Widyasari and Wiratama, 2021). Proses fermentasi ini menghasilkan enzim, asam organik, serta mikroorganisme aktif yang berperan dalam mempercepat dekomposisi bahan organik.

Dalam konteks bioremediasi tanah, *eco enzyme* berpotensi memperbaiki kualitas tanah melalui peningkatan aktivitas mikroorganisme, perbaikan struktur tanah, serta peningkatan kapasitas tanah dalam menyimpan air (Yusepri *et al.*, 2022a). Penelitian oleh (Maharani and Lusiani, 2023) menunjukkan bahwa kualitas

eco enzyme sangat dipengaruhi oleh bahan dasar dan waktu fermentasi, termasuk nilai keasaman (pH) yang dihasilkan setelah proses fermentasi.

Penelitian (Frendy Maulana Ichsan, 2024), menunjukkan bahwa pemberian *eco enzyme* dapat menurunkan pH tanah akibat kandungan asam organik hasil fermentasi dengan pH sekitar 4,5. Kondisi tanah yang agak masam (pH 5,5–6,5) dapat meningkatkan ketersediaan beberapa unsur hara mikro seperti Besi (Fe), Mangan (Mn), Seng (Zn), dan Tembaga (Cu), serta mengoptimalkan ketersediaan fosfor bagi tanaman.

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa *eco enzyme* mengandung senyawa aktif seperti asam asetat serta enzim lipase, amilase, dan protease yang berperan dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen (Mandasari, Indrawati and Aqmal, 2023). (Illahi *et al.*, 2023), menyatakan bahwa hasil pengujian pH larutan *eco enzyme* menunjukkan kualitas produk yang baik, di mana nilai pH yang rendah dipengaruhi oleh kandungan asam asetat hasil fermentasi yang terdapat pada larutan *eco enzyme*. Ditemukan bahwa *eco enzyme* dengan konsentrasi tinggi dapat menurunkan pH larutan (Jamilah *et al.*, 2023).

Menurut penelitian (Siregar *et al.*, 2024) *eco enzyme* yang diproduksi dari fermentasi limbah kulit buah mengandung unsur hara makro seperti C, N, P, K, Mg, dan Ca serta unsur mikro seperti Mn, Zn, B, Fe, dan Cu. Hasil penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa *eco enzyme* bersifat asam dengan pH berkisar antara 3,50–3,95, yang berpotensi memengaruhi sifat kimia tanah. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih dilakukan pada skala laboratorium dan

belum mengkaji secara komprehensif pengaruh *eco enzyme* terhadap berbagai parameter kualitas tanah pada kondisi lapangan.

E. Parameter Kualitas Tanah

a. pH tanah

pH tanah merupakan ukuran konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam tanah yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu tanah. Nilai pH tanah sangat penting karena memengaruhi ketersediaan unsur hara, aktivitas mikroorganisme, serta pertumbuhan tanaman. Kisaran pH ideal bagi sebagian besar tanaman berkisar antara 5,5–7,0, di mana kondisi tersebut memungkinkan unsur hara esensial lebih mudah diserap oleh akar tanaman. Tanah dengan pH terlalu rendah (masam) dapat menyebabkan toksisitas aluminium dan besi, sedangkan tanah dengan pH terlalu tinggi (basa) dapat menghambat ketersediaan fosfor, mangan, dan boron.

Faktor yang memengaruhi pH tanah antara lain jenis tanah, kandungan bahan organik, pemupukan, dan curah hujan. Tanah Ultisol umumnya memiliki pH rendah akibat kandungan liat tinggi dan proses pelapukan intensif. Penambahan bahan organik, seperti kompos atau pupuk kandang, terbukti mampu meningkatkan pH Ultisol karena memperbaiki kandungan kation basa dan karbon organik (Nursanti, 2023).

Eco enzyme juga berpotensi mengubah pH tanah karena mengandung asam organik, enzim, serta mikroba aktif; penelitian menunjukkan *eco enzyme* dari kulit buah memiliki pH asam dan kaya unsur hara, sehingga dapat berperan dalam

menetralkan atau memperbaiki kondisi tanah tergantung jenis dan dosis aplikasinya. Dengan demikian, pemanfaatan *eco enzyme* dapat dijadikan strategi bioremediasi tanah masam sekaligus memperbaiki kesuburan tanah. (Nengsih, 2021) menjelaskan bahwa pemberian *eco enzyme* dan limbah *eco enzyme* yang dikombinasikan dengan pupuk fosfor berpengaruh nyata terhadap pH tanah. Secara umum peningkatan konsentrasi *eco enzyme* cenderung menyebabkan peningkatan nilai pH pada semua umur pengamatan (Siregar *et al.*, 2025).

Dengan demikian, pH tanah merupakan parameter penting dalam menilai kualitas tanah dan pemberian *eco enzyme* berpotensi memperbaiki kondisi pH tanah, baik melalui penurunan pH pada tanah netral maupun peningkatan pH pada tanah yang sangat masam. Oleh karena itu, pemanfaatan *eco enzyme* dapat dijadikan salah satu strategi bioremediasi tanah tercemar sampah organik sekaligus memperbaiki kesuburan lahan.

b. Kelembaban tanah

Kelembaban tanah merupakan kondisi relatif yang menggambarkan ketersediaan air di dalam pori-pori tanah yang berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme dan pertumbuhan tanaman. Kelembaban tanah berbeda dengan kadar air tanah, karena kelembaban lebih menggambarkan kondisi fungsional tanah dalam mendukung proses biologis dan agronomis.

Kondisi kelembaban yang optimal sangat penting untuk mendukung dekomposisi bahan organik, penyerapan unsur hara, serta pertumbuhan tanaman. Secara umum, kelembaban tanah yang optimal berada pada kisaran 40%-60%. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan kelembaban tanah melalui

perbaikan struktur dan porositas tanah, sehingga kemampuan tanah dalam menahan air menjadi lebih baik (Tambunan, Kemala and Lubis, 2019) (Septiaji, Bimasri and Amin, 2024).

Berdasarkan kajian pustaka tersebut, *eco enzyme* berpotensi digunakan sebagai agen bioremediasi tanah yang dapat mempengaruhi sifat kimia dan fisik tanah, khususnya pH dan kelembaban tanah. Perbedaan konsentrasi *eco enzyme* diduga menghasilkan perbedaan nilai pH dan kelembaban tanah. Oleh karena itu, diperlukan penelitian eksperimen untuk mengetahui pengaruh berbagai konsentrasi *eco enzyme* terhadap pH dan kelembaban tanah.