

Peranan *Eco-Enzyme* terhadap Perubahan Hara N Tanah dan Pertumbuhan Awal Padi pada Tanah Sawah Tadah Hujan

Sakti Agrianto Suwandi*, Fakhur Razie, Afiah Hayati

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Jenderal A. Yani KM 36 Simpang Empat, Banjarbaru 70714, Indonesia

* Email penulis korespondensi: 1810513210003@ulm.ac.id

Informasi Artikel

Received 30 Juli 2024

Accepted 18 November 2024

Published 26 November 2024

Online 26 November 2024

Keywords:

Available N; N_2 fixing microbes; Organic waste; Paddy field; Wetland

Abstract

Acid mineral soils in Indonesia mostly develop in wet tropical climates supported by high temperatures, so the weathering process runs faster than in dry climate areas. High rainfall causes intensive leaching, so basic cations are lost from the soil layer, and the soil has low base saturation. Some acid mineral soils in Indonesia are farmed under rainfed systems. This soil has a low nutrient availability status compared to irrigated rice fields, due to the lack of water availability, and is still dependent on rainfall. *Eco-Enzyme* (EE) contains several nutrients and microbes from fermentation that can increase soil fertility. This research aims to determine the effect of EE N nutrient availability and early rice growth in rainfed paddy fields. This study uses a Completely Randomized Design single factor, namely the total bacterial population in EE consisting of 5 treatments, namely K0= control; K1= $8,1 \times 10^6$ cells mL^{-1} in EE; K2= $1,2 \times 10^7$ cells mL^{-1} in EE; K3= $1,6 \times 10^7$ cells mL^{-1} in EE; and K4= 2×10^7 cells mL^{-1} in EE. Each treatment was repeated 4 times so that there were 20 experimental units. The results of the study show that the provision of the total bacterial population in EE $1,2 \times 10^7$ cells mL^{-1} can increase the pH to 5,38, $N-NH_4^+$ to $154,60 \text{ mg kg}^{-1}$, and $N-NO_3^-$ to $8,26 \text{ mg kg}^{-1}$. Giving total bacteria in EE $1,6 \times 10^7$ cells mL^{-1} can increase the viability of non-symbiotic N_2 fixing microbes.

1. Pendahuluan

Beberapa tahun terakhir pengembangan pertanian mengarah pada lahan suboptimal, perluasan atau ekstensifikasi pertanian dihadapkan pada keterbatasan lahan subur. Salah satu tanah yang termasuk bagian dari lahan suboptimal adalah tanah mineral masam. Kualitas tanah semakin lama akan semakin menurun akibat beberapa faktor seperti pencemaran lingkungan, bencana alam, hilangnya lapisan tanah atas, dan lain sebagainya. Salah satu cara untuk memperbaiki produktivitas pertanian dapat dilakukan dengan penggunaan pupuk hayati. *Eco-Enzyme* dapat digunakan sebagai pupuk hayati untuk memperbaiki produktivitas pertanian.

Eco-Enzyme adalah cairan hasil dari proses fermentasi dari 1 kg gula merah atau molase, 3 kg sisa buah/sayuran (kulit buah, potongan sayuran yang masih segar), dan 10 L air. *Eco-Enzyme* mengandung molekul protein kompleks yang dihasilkan bahan organik dan bekerja sebagai katalisator dalam berbagai proses kimia di dalam tubuh makhluk hidup. Enzim dalam EE berasal dari lingkungan sekitar kita yang dalam hal ini berasal dari biomassa sisa dari buah dan sayuran (Tim PMEE *Eco-Enzyme* Nusantara, 2021). *Eco-Enzyme* sebagai pupuk hayati karena merupakan produk dari proses fermentasi yang melibatkan mikroorganisme menguntungkan. Sel biomassa diproduksi melalui proses fermentasi (Bachruddin, 2014). Agen hayati tersebut bisa berfungsi sebagai mikroba menguntungkan yang mampu memperbaiki kondisi tanah yang sudah jenuh dengan pemakaian pupuk anorganik serta sebagai penyedia hara.

Penumpukan sampah organik yang tidak diolah akan melepaskan gas metana (CH_4). Secara teori dalam 1 ton sampah organik yang tidak dikelola akan menghasilkan 50 kg gas metana (Srihardyastutie dan Rosmawati, 2023). Pembuatan EE untuk mencegah sampah organik rumah tangga berakhir di TPA dan untuk mengurangi pemanasan global yang disebabkan oleh metana (CH_4), gas yang dihasilkan dari proses anaerobik dekomposisi sampah organik.

Berdasarkan hasil penelitian Novianto (2022), aplikasi EE menunjukkan potensi yang signifikan untuk meningkatkan kandungan nitrogen dalam tanah dan tanaman padi. Oleh karena itu, penggunaan EE dalam

budidaya padi sawah sangat dianjurkan untuk meningkatkan produktivitas pertanian, menjaga keberlanjutan, dan mengurangi dampak lingkungan yang negatif.

Tanah-tanah di Indonesia sebagian besar berkembang pada iklim tropika basah serta didukung pula oleh temperatur yang tinggi maka proses pelapukan berjalan lebih cepat bila dibandingkan dengan daerah-daerah beriklim kering. Curah hujan yang tinggi menyebabkan proses pencucian yang intensif, sehingga kation-kation basa hilang dari lapisan tanah, dan tanah memiliki kejenuhan basa yang rendah. Beberapa tanah mineral masam di Indonesia banyak yang disawahkan dengan sistem tadah hujan. Sawah tadah hujan mempunyai ketersediaan hara yang lebih rendah dibandingkan dengan sawah irigasi karena ketersediaan air yang minim dan masih bergantung pada curah hujan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh EE terhadap hara N tanah dan pertumbuhan awal padi pada tanah sawah tadah hujan serta total populasi bakteri pada EE terbaik terhadap kandungan hara N tanah dan pertumbuhan awal padi pada tanah sawah tadah hujan.

2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca Jurusan Tanah Faperta ULM, dan di Laboratorium Jurusan Tanah ULM. Pengambilan sampel tanah untuk penelitian diambil dari lahan sawah tadah hujan yang berada di Kecamatan Murung Pudak, Kabupaten Tabalong. Dengan titik koordinat 2°10'47.9''S dan 115°21'57.9''E.

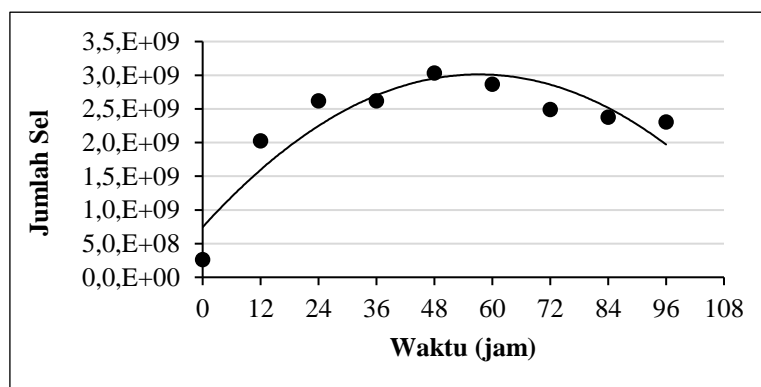
2.2. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini merupakan percobaan pot yang ditempatkan di rumah kaca dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal, terdiri dari 5 perlakuan masing-masing diulang sebanyak 4 kali sehingga terdapat 20 satuan percobaan yaitu: K0 = kontrol; K1 = $8,1 \times 10^6$ sel mL⁻¹ dalam EE; K2 = $1,2 \times 10^7$ sel mL⁻¹ dalam EE; K3 = $1,6 \times 10^7$ sel mL⁻¹ dalam EE; K4 = 2×10^7 sel mL⁻¹ dalam EE.

Tanah untuk penelitian diambil pada kedalaman 20 cm menggunakan cangkul, kemudian dimasukkan ke dalam wadah berupa karung untuk dibawa ke tempat penelitian. Tanah yang masih berupa gumpalan besar dipecah lalu dibersihkan dari kotoran/serasah yang cukup besar. Tanah diambil untuk keperluan analisis awal tanah sesuai dengan keperluan.

Cairan EE yang digunakan dalam penelitian ini adalah yang sudah dipanen atau telah mengalami proses fermentasi selama 3 bulan. *Eco-Enzyme* yang digunakan adalah EE yang mengandung total bakteri 2×10^9 sel mL⁻¹, yang kemudian dilakukan pengenceran sebelum diaplikasikan sehingga menjadi 2×10^7 sel mL⁻¹ pada kadar air tertentu. Mikroba dalam EE akan dilakukan penyuburan kembali dengan cara diberikan molase sebanyak 10%. Kurva pertumbuhan bakteri dalam EE dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan gambar tersebut pertumbuhan bakteri memasuki fase eksponensial pada waktu 12 jam setelah dilakukan penyuburan kembali dan mengalami fase kematian setelah 48 jam. *Eco-Enzyme* diberikan ke tanah pada saat pertumbuhan mikroba mencapai fase eksponensial. *Eco-Enzyme* diberikan pada saat penyiraman awal sebelum dilakukan inkubasi. Banyaknya EE (ml) yang diberikan sebanyak kadar air kapasitas lapang yang telah ditentukan.

Kemasaman EE adalah 3,1, N-total 0,01%, P-total 0,23%, K-total 0,037%, total populasi bakteri 2×10^9 sel mL⁻¹, dan populasi mikroba penambat N₂ non-simbiotik $1,8 \times 10^4$ sel mL⁻¹. Kurva pertumbuhan bakteri dalam *Eco-Enzyme* dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1. tersebut pertumbuhan bakteri memasuki fase eksponensial pada waktu 12 jam setelah dilakukan penyuburan kembali dan mengalami fase kematian setelah 48 jam.



Gambar 1. Kurva pertumbuhan bakteri dalam *Eco-Enzyme*.

Persiapan inkubasi dengan cara menimbang tanah dengan berat 500 g, lalu dimasukkan ke dalam pot, selanjutnya cairan EE ditambahkan sesuai takaran yang telah dihitung untuk masing-masing perlakuan. *Eco-Enzyme* dicampur secara merata dalam pot yang ada. Tanah diberi perlakuan inkubasi selama 2 minggu (14 hari) di dalam rumah kaca. Selama inkubasi, kelembaban tanah dijaga agar tetap berada di kelembaban yang telah ditentukan.

Sampel tanah di dalam pot diambil pada hari ke-14 setelah inkubasi selesai, dari masing-masing satuan percobaan diambil ± 100 g untuk dilakukan analisis, yang terdiri dari pH metode *elektroda glass*, $N-NH_4^+$ dan $N-NO_3^-$ metode spektrofotometer, dan viabilitas mikroba penambat N_2 non-simbiotik metode *Total Plate Count*. Kemudian sampel tanah dibawa ke laboratorium. Sampel tanah untuk analisis biologi disimpan di kulkas dengan suhu 2-4 °C untuk penyimpanan sampai 4 minggu. Apabila memerlukan waktu lebih dari 4 minggu maka suhu yang digunakan adalah -20°C.

Penanaman padi dilakukan setelah masa inkubasi dua minggu selesai. Masing-masing permukaan tanah dimasukkan benih padi sebanyak 1 benih (yang sudah berkecambah) pada 1 titik tanam. Penyiraman dilakukan minimal 1 kali sehari pada pagi dan atau sore hari agar tanah tetap terjaga kelembabannya. Air yang digunakan untuk penyiraman adalah air biasa atau air tanah. Menyiang gulma dilakukan apabila terdapat gulma yang tumbuh disekitar tanaman. Variabel tanaman analisis meliputi berat kering tanaman dan N-jaringan tanaman.

Analisis data dilakukan dengan uji homogenitas data pengamatan. Analisis keragaman dilakukan dengan taraf kepercayaan 95%. Apabila perlakuan berpengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan DMRT pada taraf yang sama.

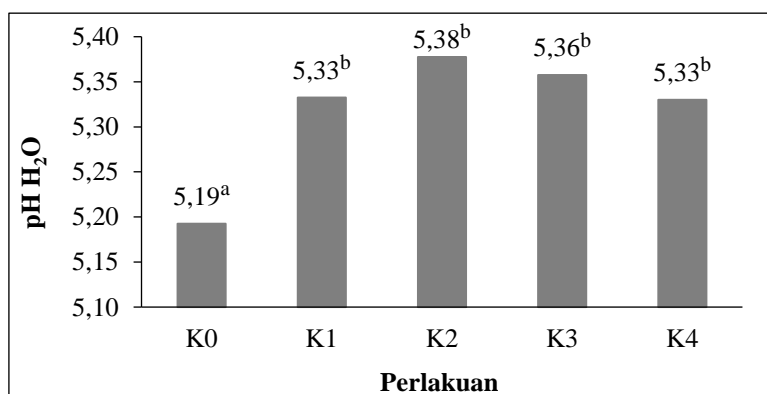
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi awal tanah

Sifat kimia tanah sawah tadah hujan yang dianalisis sebelum aplikasi perlakuan dalam penelitian ini menunjukkan pH tanah 5,13 (masam), kandungan N-total 0,16 % (rendah), P-total 12,71% (rendah), K-total 2,42% (sangat rendah), N-amonium ($N-NH_4^+$) 104,63 mg kg⁻¹ (sangat tinggi), N-nitrat ($N-NO_3^-$) 7,06 mg kg⁻¹ (sedang), P-tersedia (P-Bray 1) 0,12 mg kg⁻¹ (sangat rendah), K-tersedia 0,07 (sangat rendah), dan mikroba penambat N_2 non-simbiotik (Cawan Hitung) 6×10^5 sel g⁻¹ tanah kering.

3.3. Reaksi Tanah (pH)

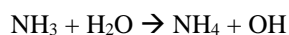
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa EE berpengaruh nyata terhadap pH di tanah sawah tadah hujan. Berdasarkan hasil uji nilai tengah, tanah sawah tadah hujan yang diberi perlakuan total bakteri dalam EE $1,2 \times 10^7$ sel mL⁻¹ memberikan nilai pH tertinggi sebesar 5,38, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan $8,1 \times 10^6$ sel mL⁻¹ dalam EE, $1,6 \times 10^7$ sel mL⁻¹ dalam EE, 2×10^7 sel mL⁻¹ dalam EE yaitu berturut-turut sebesar 5,33; 5,36; dan 5,33. Sedangkan pH terendah adalah pada kontrol (tanpa diberi EE) yaitu sebesar 5,19 (Gambar 2).



Gambar 2. Efek pemberian EE di tanah sawah tadah hujan terhadap pH tanah. K0= kontrol; K1= $8,1 \times 10^6$ sel mL⁻¹ dalam EE; K2= $1,2 \times 10^7$ sel mL⁻¹ dalam EE; K3= $1,6 \times 10^7$ sel mL⁻¹ dalam EE; K4= 2×10^7 sel mL⁻¹ dalam EE. Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf uji DMRT 5%

Eco-Enzyme dapat meningkatkan pH tanah sawah tadah hujan. Pada tanah sawah tadah hujan tanpa pemberian EE (kontrol) memiliki nilai pH tanah sebesar 5,19, nilai ini lebih rendah jika dibandingkan dengan pemberian EE, dengan nilai pH tanah 5,33 – 5,38.

Peningkatan pH tanah diduga sebagai akibat dari pengurangan ion H⁺ pada tanah yang diberi perlakuan EE (yang mengandung mikroba penambat N_2). Ion hidrogen dibutuhkan dalam mereduksi N_2 menjadi NH_3 dan pada saat bersamaan NH_3 akan terhidrolisis menghasilkan ion hidroksida, mengikuti persamaan reaksi berikut.



Pada setiap penambatan satu molekul N_2 membutuhkan enam ion H^+ (Razie, 2003). Didukung oleh Zhang et al. (2020) yang menjelaskan bahwa setiap penambatan N_2 selalu diikuti dengan pembentukan H_2 , sehingga ada delapan ion H^+ yang akan berkurang dari lingkungan/media pada setiap penambatan satu molekul N_2 .

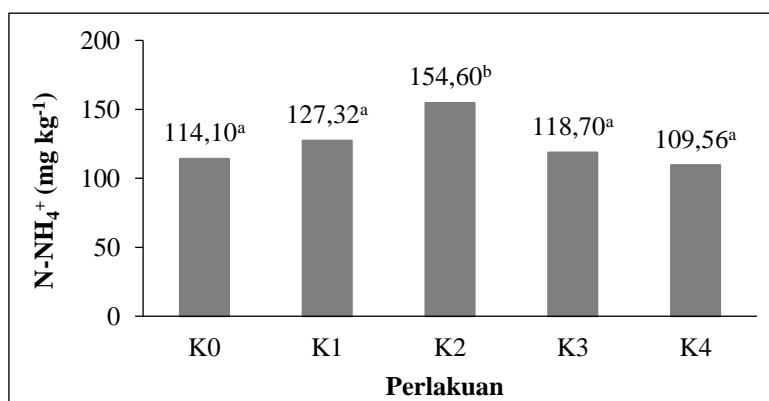
Asam-asam organik hasil fermentasi yang terkandung di dalam EE dapat berperan dalam meningkatkan pH tanah. Adeleke et al. (2017) menyatakan bahwa asam-asam organik dapat mengikat ion H^+ melalui gugus karboksil yang memiliki muatan negatif, meskipun ikatan ini sangat lemah. Asam-asam organik juga dapat mengikat Al dan Fe membentuk khelat, sehingga merintangi terjadinya hidrolisis Al dan Fe yang penyebab pemasaman tanah. Sehingga asam organik ini dapat berperan dalam menstabilkan pH tanah pada tanah yang mengandung Al dan Fe tertukar tinggi (Atmojo, 2003).

Jika tanah mineral disawahkan (digenangi), maka pH tanah akan mengarah ke netral atau dengan kata lain tanah awal yang masam pH-nya akan meningkat. Pada tanah masam, penggenangan akan meningkatkan pH tanah, karena adanya senyawa-senyawa tereduksi melepaskan ion-ion OH^- , misalnya reduksi $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (Soleha et al., 2023).

Peningkatan pH tanah disebabkan adanya aktivitas mikroorganisme tanah yang meningkat, sehingga terjadi peningkatan proses dekomposisi dan mineralisasi senyawa organik yang mampu mengikat logam-logam seperti Fe, Al dan Mn (Kaya et al., 2017). Menurut Zhang et al. (2023) hasil perombakan bahan organik akan menghasilkan kation-kation basa seperti Na, Ca, K, dan Mg, yang dapat meningkatkan pH tanah. Pelepasan kation-kation basa ke dalam larutan tanah menyebabkan tanah jenuh dengan kation basa sehingga pada akhirnya akan meningkatkan pH tanah.

3.4. N-Mineral (N-Ammonium (N-NH_4^+) dan N-Nitrat (N-NO_3^-))

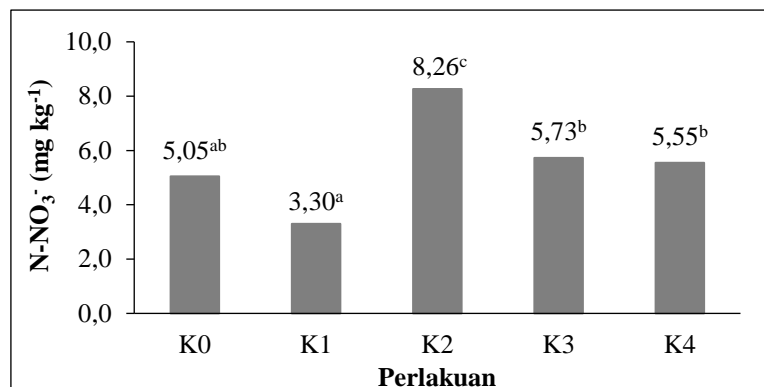
Hasil penelitian pada Gambar 3 dan 4 menunjukkan bahwa pemberian EE pada tanah sawah tadah hujan mampu meningkatkan amonium dan nitrat di tanah sawah tadah hujan. Hasil penelitian menunjukkan tanah yang diberi perlakuan $1,2 \times 10^7$ sel mL^{-1} dalam EE memberikan nilai amonium dan nitrat yang tertinggi. Hal ini diduga karena kadar air dalam perlakuan $1,2 \times 10^7$ sel mL^{-1} dalam EE merupakan kadar air terbaik untuk aerasi tanah tersebut, serta optimalnya proses penyediaan hara dan aktivitas mikroorganisme. Pada kadar air ini pasokan oksigen diduga cukup optimal untuk aktivitas mikroorganisme serta EE diberikan dalam dosis yang optimal untuk meningkatkan penyediaan unsur hara amonium dan nitrat. Meningkatnya kandungan amonium dan nitrat pada tanah karena EE mengandung asam-asam organik, hara nitrogen dan mikroba penambat N, sehingga penambahan EE dapat menambah kandungan N mineral pada tanah sawah tadah hujan. Selain itu, peningkatan N mineral di tanah terjadi karena proses mineralisasi melalui perantara agen hayati yang ditambahkan ke dalam tanah. Hal ini sejalan dengan penelitian Jansson dan Persson (1982) yang menyatakan bahwa proses perubahan bentuk nitrogen organik menjadi bentuk-bentuk anorganik berlangsung dengan perantaraan organisme heterotrof yang menggunakan bahan nitrogen organik sebagai sumber energi.



Gambar 3. Efek pemberian EE di tanah sawah tadah hujan terhadap N-amonium (N-NH_4^+). K0= kontrol; K1= $8,1 \times 10^6$ sel mL^{-1} dalam EE; K2= $1,2 \times 10^7$ sel mL^{-1} dalam EE; K3= $1,6 \times 10^7$ sel mL^{-1} dalam EE; K4= 2×10^7 sel mL^{-1} dalam EE. Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf uji DMRT 5%

Asam amino yang terkandung dalam EE juga dapat berubah menjadi amonium di dalam tanah melalui proses amonifikasi. Hal ini sejalan dengan Munawar (2011) yang menyatakan bahwa amonifikasi merupakan salah satu proses mineralisasi N organik yaitu terjadinya proses reduksi dari N amino menjadi amoniak (NH_3) atau ion-ion amonium (NH_4^+). Sebagian senyawa kompleks tersebut berupa asam-asam amino dan protein, dan sebagian kecil berasal dari ligno protein dan humat. Gas amoniak atau ion amonium di dalam larutan tanah yang dihasilkan pada

proses amonifikasi dapat mengalami beberapa proses yaitu teroksidasi menjadi NO_3^- yang dapat diserap oleh tanaman, digunakan oleh organisme heterotrof (imobilisasi), difiksasi oleh mineral liat silikat, atau terbebas hilang ke udara secara perlahan sebagai gas NH_3 .



Gambar 4. Efek pemberian EE di tanah sawah tadah hujan terhadap N-nitrat (N-NO_3^-). K0 = kontrol; K1= $8,1 \times 10^6$ sel mL^{-1} dalam EE; K2= $1,2 \times 10^7$ sel mL^{-1} dalam EE; K3= $1,6 \times 10^7$ sel mL^{-1} dalam EE; K4= 2×10^7 sel mL^{-1} dalam EE. Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf uji DMRT 5%

Bakteri penambat N_2 mampu menambat nitrogen bebas dan mengubahnya menjadi NH_3 dengan melibatkan enzim nitrogenase (Zulfarina et al., 2017). Sejalan dengan penelitian Hartono dan Jumadi (2014), bakteri penambat N_2 mampu menambat N_2 dan mengubahnya menjadi amonium lalu terakumulasi dalam sel yang kemudian disekresikan ke luar yang dapat dimanfaatkan tanaman.

Bakteri penambat N_2 non-simbiotik menambat nitrogen bebas dan mengubahnya menjadi NH_4 untuk kebutuhan selnya, namun bakteri juga mengeluarkan sebagian NH_4 yang dihasilkan untuk menjaga keseimbangan pH dan osmosis dalam sel bakteri serta menjaga konsentrasi NH_4 dalam sel tidak terlalu tinggi yang mana dapat menjadi penyebab kerusakan sel (Khammas et al., 2019). Jenis bakteri penambat N hidup bebas yang paling dikenal adalah *Azotobacter* dan *Beijerinckia* yang bersifat aerobik serta *Clostridium* yang bersifat anaerobik. *Azotobacter* terdapat hampir di semua tanah, walaupun jumlahnya tidak banyak. Jenis ini tumbuh bagus pada tanah dengan pH 6 sampai 7, kaya mineral dan miskin nitrogen. *Clostridium* ditemukan hampir di semua jenis tanah, serta lebih toleran pada kondisi asam daripada *Azotobacter* (Munawar, 2011).

Lengas tanah juga menjadi salah satu faktor penyebab meningkatnya N mineral dalam penelitian ini, karena lengas tanah dapat mempengaruhi aktivitas mikroba dalam tanah. Menurut Ishak (2022) kelembaban tanah merupakan salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi biomassa dan aktivitas mikroba di dalam tanah. Ketika tanah kering dibasahi, mikroba tanah memulai aktivitas respirasi selama ada bahan organik tersedia di dekatnya. Aktivitas ini terus meningkat seiring dengan meningkatnya kelembaban tanah hingga mencapai titik optimum. Titik optimum berbeda-beda untuk setiap jenis tanah.

Giordano et al. (2021) menyatakan bahwa pada tanah yang berdrainase baik, nitrogen akan diserap oleh tanaman dalam bentuk nitrat, karena sudah terjadi proses nitrifikasi. Pada tanah tergenang tanaman cenderung menyerap ammonium. Didukung oleh Munawar (2011) yang menyatakan bahwa penggenangan akan menekan nitrifikasi, dan itulah alasan mengapa ammonium di tanah yang tergenang seperti tanah sawah cenderung diserap oleh akar tanaman dan tidak mengalami proses nitrifikasi.

3.5. Viabilitas Mikroba Penambat N_2 Non-Simbiotik

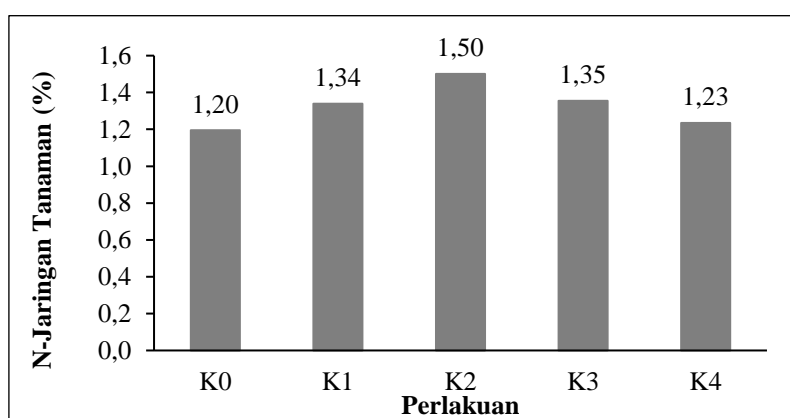
Viabilitas mikroba penambat N_2 non-simbiotik di tanah setelah diberi perlakuan pada waktu inkubasi 2 minggu berkisar antara $0,9 - 1,6 \times 10^6$ sel g^{-1} tanah kering (Tabel 1). Tanah yang diberi perlakuan $1,6 \times 10^7$ sel mL^{-1} dalam EE memberikan nilai viabilitas mikroba penambat N_2 non-simbiotik tertinggi. Peningkatan daya viabilitas ini disebabkan EE menghasilkan mikroba dan produk mikroba berupa metabolit primer seperti berbagai enzim, dan metabolit sekunder, seperti pestisida dan zat pengatur tumbuh (Siregar et al., 2024) hingga dosis tertentu. Pemberian lebih dari $1,6 \times 10^7$ sel mL^{-1} dalam EE justru menurunkan viabilitasnya.

Tabel 1. Viabilitas mikroba penambat N₂ non-simbiotik pada tanah sawah tadah hujan

Perlakuan	Mikroba Penambat N ₂ (x 10 ⁶ sel g ⁻¹ tanah kering)
Kontrol	1,1
8,1 x 10 ⁶ sel mL ⁻¹ dalam <i>Eco-Enzyme</i>	1,2
1,2 x 10 ⁷ sel mL ⁻¹ dalam <i>Eco-Enzyme</i>	1,3
1,6 x 10 ⁷ sel mL ⁻¹ dalam <i>Eco-Enzyme</i>	1,6
2 x 10 ⁷ sel mL ⁻¹ dalam <i>Eco-Enzyme</i>	0,9

3.6. N-Jaringan Tanaman

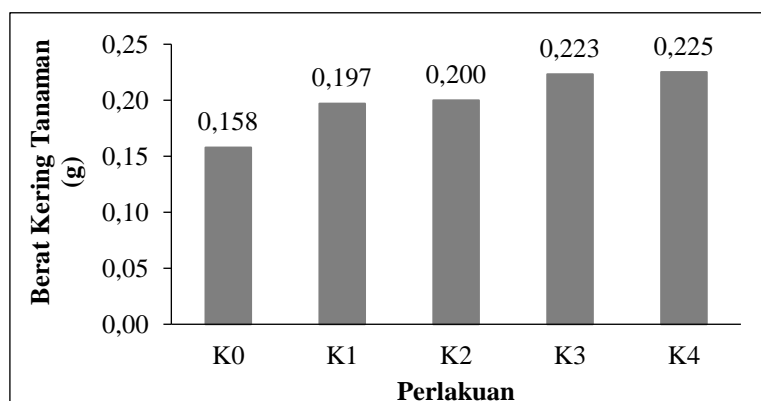
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian EE tidak berpengaruh nyata terhadap N-jaringan tanaman padi di tanah sawah tadah hujan. N-jaringan tanaman padi yang ditanam selama 2 minggu (fase vegetatif) pada tanah yang telah diberi perlakuan pada waktu inkubasi 2 minggu berkisar antara 1,20 – 1,50 % (Gambar 5). Tidak berpengaruhnya N-jaringan tanaman, meskipun perlakuan memberikan pengaruh terhadap kandungan NH₄ dan NO₃ menunjukkan bahwa N yang tersedia tidak diserap tanaman secara utuh. Kemungkinan ini bisa disebabkan karena terjadinya kehilangan N melalui pelindian atau volatilisasi (Jadon et al., 2018).



Gambar 5. Efek pemberian EE di tanah sawah tadah hujan terhadap N-jaringan tanaman padi. K0= kontrol; K1= 8,1 x 10⁶ sel mL⁻¹ dalam EE; K2= 1,2 x 10⁷ sel mL⁻¹ dalam EE; K3= 1,6 x 10⁷ sel mL⁻¹ dalam EE; K4= 2 x 10⁷ sel mL⁻¹ dalam EE

3.7. Berat Kering Tanaman (Akar, Batang dan Daun)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian EE tidak berpengaruh nyata terhadap berat kering tanaman padi di tanah sawah tadah hujan. Berat kering tanaman padi yang ditanam selama 2 minggu (fase vegetatif) pada tanah yang telah diberi perlakuan pada waktu inkubasi 2 minggu berkisar antara 0,158–0,225 g (Gambar 6). Tidak berpengaruhnya perlakuan terhadap berat kering tanaman, disebabkan karena pengaruh perlakuan yang tidak berpengaruh terhadap kandungan N di jaringan tanaman, yang artinya serapan N tanaman tidak berbeda sehingga bobot kering yang dihasilkan juga tidak berbeda (Arista et al., 2015).



Gambar 6. Efek pemberian EE di tanah sawah tadah hujan terhadap berat kering tanaman padi. K0= kontrol; K1= 8,1 x 10⁶ sel mL⁻¹ dalam EE; K2= 1,2 x 10⁷ sel mL⁻¹ dalam EE; K3= 1,6 x 10⁷ sel mL⁻¹ dalam EE; K4= 2 x 10⁷ sel mL⁻¹ dalam EE

3.8. Hubungan dan Bentuk Hubungan dari Variabel Pengamatan

Uji korelasi menunjukkan hasil terjadinya hubungan antara variabel N-Jaringan Tanaman dengan variabel pH yang bersifat positif (Tabel 2). Ditunjukkan dengan hasil uji korelasi dan regresi mendapatkan nilai koefisien korelasi (r) = 0,60; r -tabel = 0,4438 dan koefisien determinasi (R^2) = 0,36. Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui peningkatan nilai pH dalam tanah akan meningkatkan nilai N-Jaringan Tanaman. Uji t pada analisis regresi menunjukkan perbedaan signifikan, hal ini terlihat dari nilai probabilitas <0,05 yaitu 0,0052.

Kemasaman tanah merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan dalam keberhasilan tanaman menyerap unsur hara dari dalam tanah. Pengaruh pH tanah terhadap ketersediaan N lebih bersifat tidak langsung, yakni melalui pengaruh pH terhadap aktivitas jasad renik yang terlibat dalam ketersediaan N. Bakteri penambat N udara umumnya sensitif terhadap pH rendah, sehingga pasokan N melalui jalan ini berkurang.

Tabel 2. Hubungan antar variabel pengamatan

	pH	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	Mikroba Penambat N	Berat Kering Tanaman	N-Jaringan Tanaman
pH	--	0,13 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,60 ^{**}
N-NH₄⁺		--	-0,45 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,16 ^{ns}
N-NO₃⁻			--	0,20 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,24 ^{ns}
Viabilitas Mikroba Penambat N₂				--	0,24 ^{ns}	0,15 ^{ns}
Berat Kering Tanaman					--	0,02 ^{ns}
N-Jaringan Tanaman						--

Keterangan: * Signifikan (r -tabel= 0,05); ** Signifikan (r -tabel= 0,01); ns no nsignifikan; R-Hitung > R tabel (Nilai 0,01= 0,515 dan 0,05= 0,404) akan dikatakan valid

Kondisi tanah masam juga dapat menghambat aktivitas mikroba, termasuk mineralisasi N dari bahan organik maupun nitrifikasi (Tabel 3). Selain itu, pH tanah yang tinggi dapat mengakibatkan kehilangan N melalui volatilisasi, terutama jika pupuk N urea atau amoniak diberikan di permukaan tanah (Munawar, 2011). Meningkatnya aktivitas jasad renik dan mikroba seperti bakteri penambat N akibat meningkatnya pH tanah akan menyebabkan terjadinya peningkatan nilai N-jaringan tanaman karena meningkatnya ketersediaan N dalam tanah yang akan diserap oleh akar tanaman.

Tabel 3. Persamaan regresi linear variabel pengamatan

Variabel	Persamaan Regresi	R ²
N-Jaringan Tanaman	pH N-Jaringan Tanaman = -4,26 + 1,05 pH	0,36

4. Kesimpulan

Eco-Enzyme mampu meningkatkan pH tanah, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, dan viabilitas mikroba penambat N₂ non-simbiotik pada tanah sawah tadah hujan, namun belum dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Pemberian total bakteri dalam EE 1,2 x 10⁷ sel mL⁻¹ dapat meningkatkan pH, N-NH₄⁺, dan N-NO₃⁻. Sedangkan pemberian total bakteri dalam EE 1,6 x 10⁷ sel mL⁻¹ dapat meningkatkan viabilitas mikroba penambat N₂ non-simbiotik.

Daftar Pustaka

- Adeleke, R., Nwangburuka, N., C., Oboirien, B. 2017. Origins, roles and fate of organic acids in soils: A review. South African Journal of Botany 108, 393-406. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.09.002>
- Arista, D., Suryono, Sudadi. 2015. Efek dari kombinasi pupuk N, P dan K terhadap pertumbuhan dan hasil kacang tanah pada lahan kering Alfisol. Agrosains 17(2), 49-52.
- Atmojo, S.W. 2003. Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. Sebelas Maret University Press, Surakarta.
- Bachruddin, Z. 2014. Teknologi Fermentasi pada Industri Peternakan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Giordano, M., Petropoulos, S.A., Rouphael, Y. 2021. The fate of nitrogen from soil to plants: Influence of agricultural practices in modern agriculture. Agriculture 11(10), 944. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100944>

- Hartono, H., Jumadi, O. 2014. Seleksi dan karakterisasi bakteri penambat nitrogen non simbiotik pengekskresi amonium pada tanah pertanaman jagung (*Zea mays* L.) dan padi (*Oryza sativa* L.) asal Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan, Indonesia. *Jurnal Sainsmat* 3(2), 143–153.
- Ishak, L. 2022. *Biologi Tanah*. Syiah Kuala University Press, Aceh
- Jadon, P., Selladurai, R., Yadav, S.S., Coumar, M.V., Singh, A.K., Bhadouriya, J., Kundu, S. 2018. Volatilization and leaching losses of nitrogen from different coated urea fertilizers. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 18(4), 1036-1047. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162018005002903>
- Jansson, S.L., Persson, J. 1982. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. *Nitrogen in Agricultural Soils* 22, 229–252.
- Kaya, E., Silahoy C., Risambessy, Y. 2017. Pengaruh pemberian pupuk organik cair dan mikroorganisme terhadap keasaman dan P-tersedia pada tanah Ultisol. *Jurnal Mikologi Indonesia* 1(2), 91–99. <http://doi.org/10.46638/jmi.v1i2.23>
- Khammas, K.M., Kamil, F.A., Hasan, M.A. 2019. Nitrogen fixation and ammonium excretion by free-living heterotrophic bacteria isolated from Iraqi soils. *International Journal of Biosciences* 14(2), 366-375.
- Munawar, A. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. IPB Press, Bogor.
- Novianto. 2022. Response of liquid organic fertilizer *eco enzyme* (EE) on growth and production of shallot (*Allium ascalonicum* L.). *JUATIKA* 4(1), 147-154. <https://doi.org/10.36378/juatika.v4i1.1782>
- Razie, F. 2003. Karakteristik *Azotobacter* spp. dan *Azospirillum* spp. dari rizosfer padi sawah di daerah dataran banjir Kalimantan Selatan dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan awal tanaman padi. Tesis, IPB University, Bogor.
- Siregar, B.L., Siallagan, R.S., Butar, S.B., Mahmudi, B., Pujiastuti, E.S. 2024. The nutrient content of eco-enzymes from mixture of various fruit peels. *Agro Bali: Agrocultural Journal* 7(2), 475-487. <https://doi.org/10.37637/ab.v7i2.1646>
- Soleha, N., Priatmadi, B.J., Mariana, Z.T. 2023. Perubahan pH, Fe-larut, dan P-tersedia di tanah sulfat masam aktual (*sulfaquept*) yang diberi pupuk kandang sapi dan genangan air. *Acta Solum* 1(2), 53-60. <https://doi.org/10.20527/actasolum.v1i2.1838>
- Srihardyastutie, A., Rosmawati, A. 2023. *Keajaiban Eco-Enzyme, dari Sampah Menjadi Berkah*. PT Nas Media Pustaka, Makassar.
- Tim PMEE Eco-Enzyme Nusantara. 2021. *Alam, Diriku, & Eco-Enzyme, Pendalaman Materi Eco-Enzyme (Kumpulan Materi Pelatihan Kader Eco-Enzyme Nusantara)*. Eco-Enzyme Nusantara, Jakarta.
- Zhang, S., Zhu, Q., de Vries, W., Ros, G.H., Chen, X., Muneer, M.A., Zhang, F., Wu, L. 2023. Effects of soil amendments on soil acidity and crop yields in acidic soils: A world-wide meta-analysis. *Journal of Environmental Management* 345, 118531. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118531>
- Zhang, S., Xia, X., Yu, L., Zhang, Z., Wang, J., Wang, A., Wang, G. 2020. Both microbial abundance and community composition mattered for N₂ production rates of the overlying water in one high-elevation river. *Environmental Research* 189, 109933. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109933>
- Zulfarina, Z., Rusmana, I., Mubarik, N.R., Santosa, D.A. 2017. The Abundance of nitrogen fixing, nitrifying, denitrifying and ammonifying bacteria in the soil of tropical rainforests and oil palm plantations in Jambi. *Makara Journal of Science* 21(4), 187-194. <https://doi.org/10.7454/mss.v21i4.8841>