

Research Article

Respons Aktivitas Biologi Tanah terhadap Berbagai Formulasi Pupuk Organik Berdasarkan Populasi Mikroba dan Respirasi CO₂

Soil Biological Activity Response to Various Organic Fertilizer Formulations Based on Microbial Population and CO₂ Respiration

Restu Wulansari^{1*}, Davina Raisha Nathania²

¹ Tanah dan Nutrisi Tanaman, Pusat Penelitian Teh dan Kina, Bandung

² Rekayasa Pertanian, Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung

*Correspondence: restuwulan52@gmail.com

Abstract: Soil biological activity is an important indicator in assessing the effectiveness of organic fertilizers on increasing soil fertility. This study aims to evaluate the response of soil biological activity based on microbial populations and CO₂ respiration rates in various organic fertilizer formulations. The study was conducted at the Research Institute for Tea and Chinchona, Bandung, using a Completely Randomized Design (CRD) with seven organic fertilizer treatments, namely tea waste biocompost, tea waste biocompost + *Trichoderma* spp., *Bioneensis*, Bioorganomineral, Vermicompost, Goat manure, and Chicken manure, each with three replications. The parameters observed included the number of soil microbial populations and CO₂ respiration rates. The results showed that the type of organic fertilizer significantly affected the microbial population and soil CO₂ respiration. The highest microbial population was found in the tea waste biocompost, goat manure, and chicken manure treatments. The highest CO₂ respiration rate was found in the goat manure and tea waste biocompost + *Trichoderma* spp. treatments. The high CO₂ respiration was in line with the increased soil microbial activity, indicating the important role of organic fertilizer in increasing soil biological activity. Based on these results, tea waste biocompost + *Trichoderma* spp. and goat manure are recommended for field application because they are able to increase microbial activity and soil respiration optimally.

Received: 05 Februari 2026

Accepted: 04 Mei 2026

Published: 10 Juni 2026

Keywords: CO₂ respiration, microbial population, organic fertilizers, tea waste biocompost, soil biological

Jurnal Sains Teh dan Kina
Pusat Penelitian Teh dan Kina
Desa Mekarsari, Kec.
Pasirjambu, Kab. Bandung,
Jawa Barat 40972
redaksijptk@gmail.com
+62 22 5928186.

Abstrak: Aktivitas biologi tanah merupakan salah satu indikator penting dalam menilai efektivitas pupuk organik terhadap peningkatan kesuburan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi respons aktivitas biologi tanah berdasarkan populasi mikroba dan laju respirasi CO₂ pada berbagai formulasi pupuk organik. Penelitian dilaksanakan di Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Gambung, Bandung, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tujuh perlakuan pupuk organik, yaitu biokompos tea waste, biokompos tea waste + *Trichoderma* spp., *Bioneensis*, Bioorganomineral, Vermikompos, Pupuk kandang kambing, dan Pupuk kandang ayam, masing-masing dengan tiga ulangan. Parameter yang diamati meliputi jumlah populasi mikroba tanah dan laju respirasi CO₂. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis pupuk organik berpengaruh nyata terhadap populasi mikroba dan respirasi CO₂ tanah. Populasi mikroba tertinggi ditemukan pada perlakuan biokompos tea waste, pupuk kandang kambing, dan pupuk kandang ayam. Laju respirasi CO₂ tertinggi pada perlakuan pupuk kandang kambing dan biokompos tea waste + *Trichoderma* spp., Tingginya respirasi CO₂ sejalan dengan meningkatnya aktivitas mikroba tanah, yang mengindikasikan peran penting pupuk organik dalam meningkatkan aktivitas biologis tanah. Berdasarkan hasil tersebut, biokompos tea waste + *Trichoderma* spp. dan pupuk kandang kambing direkomendasikan untuk aplikasi lapangan karena mampu meningkatkan aktivitas mikroba dan respirasi tanah secara optimal.

Kata Kunci: respirasi CO₂, populasi mikroba, pupuk organik, biokompos tea waste, biologi tanah

1. Pendahuluan

Kesuburan tanah tidak hanya ditentukan oleh sifat fisik dan kimia tanah, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh aktivitas biologi tanah, khususnya mikroorganisme (Brady & Weil, 2017). Mikroorganisme tanah berperan penting dalam dekomposisi bahan organik, mineralisasi unsur hara, pembentukan agregat tanah, serta peningkatan ketersediaan hara bagi tanaman (Sylvia *et al.*, 2005). Oleh karena itu, indikator biologi tanah seperti populasi mikroba dan laju respirasi CO₂ semakin banyak digunakan untuk menilai kualitas dan kesehatan tanah secara berkelanjutan. Dekomposisi bahan organik juga membutuhkan mikroba dalam prosesnya dan terdapat hubungan yang erat antara sifat fisika, kimia, dan biologi tanah khususnya pada tingginya populasi mikroorganisme dalam tanah.

Sejalan dengan pentingnya peran mikroorganisme tersebut, pupuk organik menjadi salah satu input penting dalam meningkatkan aktivitas biologis tanah. Pupuk organik merupakan bahan amelioran yang mengandung bahan organik dengan komposisi yang bervariasi (Purwani & Hartatik, 2014). Penambahan pupuk organik ke dalam tanah dapat menyediakan sumber karbon (C) sebagai energi bagi mikroorganisme, sehingga meningkatkan pertumbuhan dan aktivitasnya. Selain itu, pupuk organik juga berperan dalam memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah serta mendukung keberlanjutan lingkungan (Siregar, 2023).

Dalam pengelolaan limbah pengolahan teh, pemanfaatan limbah teh (tea waste) sebagai bahan baku pupuk organik menjadi alternatif yang potensial. Tea waste mengandung bahan organik dan senyawa bioaktif yang dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme tanah (Wulansari *et al.*, 2022). Pengayaan biokompos tea waste dengan agens hayati seperti *Trichoderma* spp. dapat meningkatkan efektivitas pupuk melalui percepatan dekomposisi dan peningkatan aktivitas mikroba (El-Shazly, 2020). Selain itu, pupuk organik lain seperti vermikompos, pupuk kandang, dan pupuk komersial juga umum digunakan, namun efektivitasnya terhadap aktivitas biologi tanah perlu dibandingkan secara ilmiah.

Selanjutnya, respirasi tanah merupakan indikator penting dalam menilai aktivitas mikroorganisme dan dinamika karbon tanah. Respirasi tanah mencerminkan laju dekomposisi bahan organik serta metabolisme mikroba (Setyawan & Hanum, 2014; Anderson, 1982). Faktor utama yang mempengaruhi respirasi tanah adalah aktivitas mikroba, ketersediaan bahan organik, dan kondisi lingkungan seperti pH dan kelembaban tanah. Oleh karena itu, pengukuran respirasi CO₂ dapat digunakan sebagai indikator kuantitatif untuk mengevaluasi kesehatan tanah dan efektivitas pupuk organik.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini penting dilakukan untuk mengevaluasi respons aktivitas biologi tanah terhadap berbagai formulasi pupuk organik melalui pendekatan populasi mikroba dan respirasi CO₂. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah dalam pemilihan pupuk organik yang efektif untuk meningkatkan kesehatan tanah serta mendukung sistem pertanian berkelanjutan, khususnya pada agroekosistem perkebunan teh.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan Gambung, PPTK di Desa Mekarsari, Kecamatan Pasirjambu, Kabupaten Bandung yang berada pada ketinggian 1350 m diatas permukaan laut (mdpl). Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Juli 2025 sampai dengan Agustus 2025.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah alat-alat gelas, alat tulis, autoklaf, batang L, beaker glass, blanko, blender, botol fiilm, buret, cawan petri, erlenmeyer, gelas ukur, kamera, kertas label, mikropipet, pipet tetes, pipet volumetrik, rak tabung reaksi, *screenhouse*, sekop, tabung reaksi, tabung sentrifugasi, timbangan analitik, serta wadah penampung. Bahan-bahan yang digunakan adalah aquades, biokompos teawaste murni, biokompos teawaste dengan penambahan *Trichoderma* spp., *bioneensis*, biom, HCL 0,2 N, KOH 0,2 N, media nutrient agar, metil oranye, phenolphthalein, pupuk kandang ayam, pupuk kandang kambing, vermikompos.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui populasi mikroba dan jumlah CO₂ yang dihasilkan dari proses respirasi sebagai indikasi adanya aktivitas mikroba pada berbagai variasi pupuk organik yang dilakukan dengan

menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor. Jumlah perlakuan tujuh (7) dengan tiga (3) ulangan sebanyak 21 sampel. Berikut merupakan perlakuan yang digunakan pada penelitian ini:

- P1 = 350 g pupuk bioneensis
- P2 = 350 g pupuk biorganomineral (biom)
- P3 = 350 g pupuk vermikompos
- P4 = 350 g pupuk biokompos tea waste murni
- P5 = 350 g pupuk biokompos tea waste + *Trichoderma* spp.
- P6 = 350 g pupuk kandang kambing
- P7 = 350 g pupuk kandang ayam

Parameter pengamatan yang diamati sebagai berikut:

a. Populasi Mikroba

Perhitungan populasi mikroba dilakukan dengan metode ALT (Angka Lempeng Total) menggunakan satuan CFU (*Colony Forming Unit*) per gram. ALT adalah metode kuantitatif yang digunakan untuk mengetahui jumlah mikroba yang ada pada suatu sampel. Perhitungan pada mikroba dilakukan setelah dilakukan inkubasi selama 24-48 jam. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus:

$$CFU = \frac{\text{Jumlah koloni} \times \text{Faktor pengenceran}}{\text{Volume yang diinokulasikan (ml)}}$$

b. Respirasi CO₂

Dilakukan dengan mengambil larutan KOH 0,2 N pada wadah berisi tanah yang sudah diinkubasi selama 24-48 jam. Larutan tersebut dititrasi menggunakan HCL 0,1 N sampai larutan berwarna bening. Jumlah CO₂ yang dihasilkan (mg CO₂/g tanah) dihitung menggunakan rumus:

$$r = \frac{(a - b) \times t \times 2,4 \times 100}{n}$$

3. Hasil dan Pembahasan

a. Uji Populasi Mikroba pada Pupuk Organik

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa jumlah populasi mikroba berbeda nyata antar jenis pupuk organik setelah inkubasi selama dua (2) hari pada faktor pengenceran 10⁻⁶. Perbedaan ini mencerminkan variasi kualitas bahan organik dan ketersediaan substrat bagi mikroorganisme. Pupuk Bioneensis (P1) dan Biom (P2) memiliki populasi mikroba terhitung dalam kisaran 3,5 × 10⁸ hingga 1,3 × 10⁹ CFU/ml. Nilai ini menunjukkan bahwa kedua pupuk tersebut masih mendukung pertumbuhan mikroba, namun aktivitas biologisnya relatif lebih rendah dibandingkan pupuk organik berbasis bahan alami segar. Pada vermikompos (P3), sebagian ulangan menunjukkan kondisi TNTC (*Too Numerous To Count*), yang mengindikasikan populasi mikroba sangat tinggi dan melebihi batas perhitungan akurat pada pengenceran 10⁻⁶. Hal ini menunjukkan bahwa vermikompos merupakan sumber mikroorganisme aktif yang kaya, hasil dari proses dekomposisi oleh fauna tanah dan mikroba.

Pada perlakuan tea waste murni (P4) dan pupuk kandang kambing (P6) serta pupuk kandang ayam (P7) seluruh ulangannya menunjukkan nilai TNTC (3 × 10⁸) menandakan populasi mikroba sangat tinggi. Kondisi ini menunjukkan bahwa bahan-bahan tersebut mengandung sumber karbon dan energi yang mudah terdekomposisi, sehingga sangat mendukung proliferasi mikroorganisme (Susilowati, 2013). Tingginya populasi mikroba pada pupuk kandang juga berkaitan dengan kandungan bahan organik, nitrogen, serta mikroorganisme indigenous yang tinggi. Sementara itu, tea waste + *Trichoderma* spp. (P5) menunjukkan populasi mikroba tinggi dan terukur (1,24 × 10⁹ – 1,32 × 10⁹ CFU/ml). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *Trichoderma* spp. mampu meningkatkan populasi mikroba secara stabil tanpa menyebabkan kondisi TNTC, sehingga lebih terkendali dan berpotensi lebih konsisten untuk aplikasi lapangan. Hal ini sejalan dengan pernyataan El-Shazly (2020) bahwa kompos mengandung beragam mikroba yang diantaranya dapat bermanfaat dalam

mengendalikan patogen. Selain itu, penambahan jamur seperti *Trichoderma* spp. mampu membantu menguraikan bahan organik.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa pupuk organik berbahan dasar limbah teh dan pupuk kandang memiliki aktivitas biologi paling tinggi, sedangkan pupuk komersial tertentu menunjukkan populasi mikroba yang lebih rendah. Tingginya populasi mikroba mengindikasikan potensi besar dalam meningkatkan aktivitas biologis tanah, percepatan dekomposisi bahan organik, dan ketersediaan hara bagi tanaman.

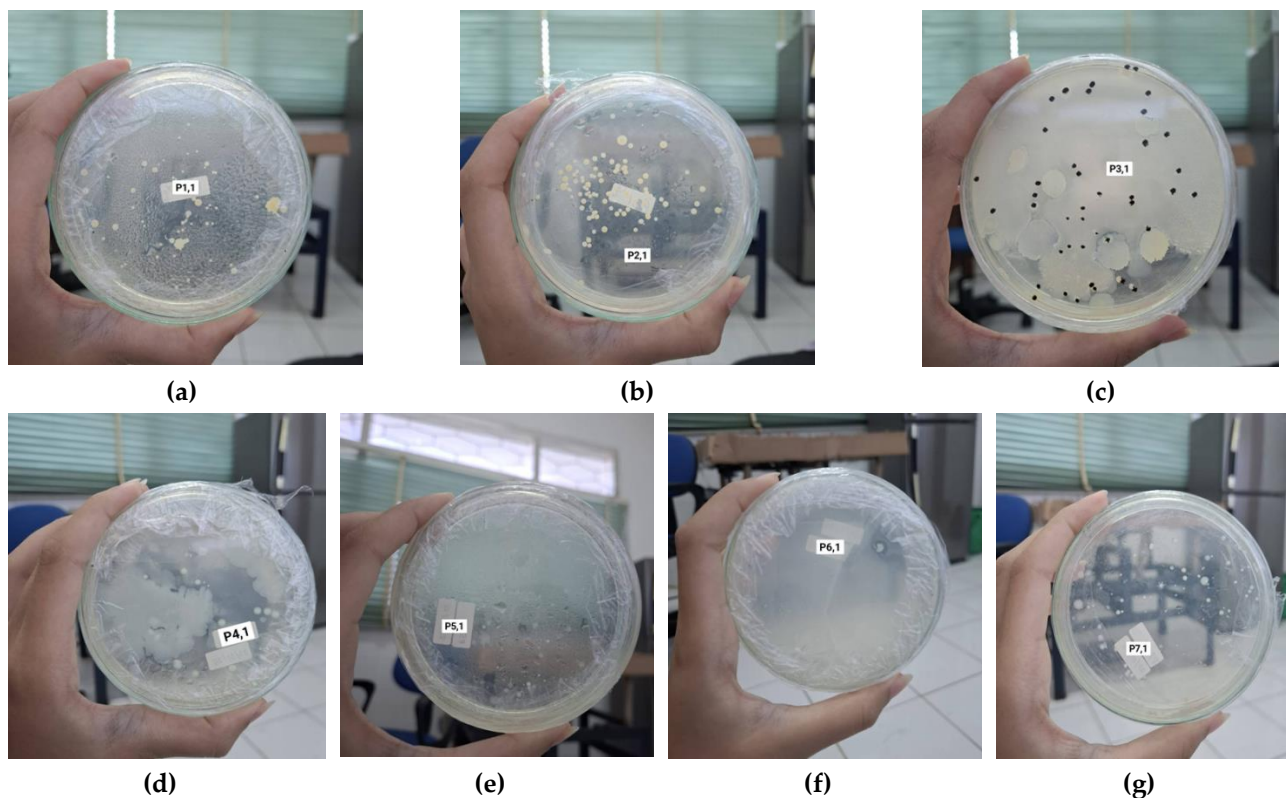
Tabel 1. Populasi Mikroba pada beberapa Pupuk Organik

Sampel	Hasil Perhitungan Populasi
P1,1 bionensis	88×10^7 a
P1,2 bionensis	130×10^7 a
P1,3 bionensis	58×10^7 a
P2,1 biom	108×10^7 a
P2,2 biom	35×10^7 a
P2,3 biom	98×10^7 a
P3,1 vermikompos	3×10^8 b

Tabel 1. Populasi Mikroba pada beberapa Pupuk Organik (lanjutan)

Sampel	Hasil Perhitungan Populasi
P3,2 vermikompos	41×10^7 a
P3,3 vermikompos	3×10^8 b
P4,1 teawaste murni	3×10^8 b
P4,2 teawaste murni	3×10^8 b
P4,3 teawaste murni	3×10^8 b
P5,1 teawaste + trichoderma	124×10^7 a
P5,2 teawaste + trichoderma	132×10^7 a
P5,3 teawaste + trichoderma	129×10^7 a
P6,1 pukan kambing	3×10^8 b
P6,2 pukan kambing	3×10^8 b
P6,3 pukan kambing	3×10^8 b
P7,1 pukan ayam	3×10^8 b
P7,2 pukan ayam	3×10^8 b
P7,3 pukan ayam	3×10^8 b

Keterangan: Angka – angka yang diikuti huruf yang tidak sama pada baris dan kolom yang sama berbeda nyata pada taraf 5 % menurut DMRT



Gambar 1. Populasi Mikroba pada Beberapa Pupuk Organik : (a) P1-Bionensis; (b) P2-Bioorganomineral; (c) P3-Vermikompos; (d) P4-Kompos Tea Waste Murni; (e) P5-Kompos Tea Waste + *Trichoderma* spp.; (f) P6-Pupuk Kandang Kambing; dan (g) P7-Pupuk Kandang ayam.

b. Hasil respirasi CO₂ pada Pupuk Organik

Hasil pengukuran respirasi CO₂ menunjukkan bahwa tingkat aktivitas biologis berbeda nyata antar jenis pupuk organik, baik pada pengukuran respirasi pertama maupun kedua. Respirasi CO₂ merupakan indikator langsung aktivitas mikroba tanah, karena mencerminkan laju dekomposisi bahan organik dan metabolisme mikroorganisme. Pupuk Biom (P2) dan Bioneensis (P1) menunjukkan nilai respirasi CO₂ relatif rendah hingga sedang. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun pupuk tersebut mengandung mikroba, ketersediaan substrat karbon yang mudah terdekomposisi relatif terbatas sehingga aktivitas respirasi mikroba tidak setinggi pupuk organik berbahan alami segar. Selain itu Pupuk Biom menggabungkan bahan organik dengan komponen mineral yang secara bersama melepaskan unsur hara secara lebih bertahap sehingga menyebabkan dekomposisi karbon organik oleh mikroba menjadi lebih lambat, yang membuat respirasi dari mikroba menjadi lebih lambat juga (Wulansari *et al.*, 2022 dan Kafil *et al.*, 2025).

Sebaliknya, vermikompos (P3) menunjukkan nilai respirasi CO₂ yang lebih tinggi dan stabil dibandingkan pupuk komersial. Tingginya respirasi pada vermikompos mencerminkan tingginya aktivitas mikroba hasil proses pengomposan biologis oleh fauna tanah dan mikroorganisme, yang menghasilkan bahan organik lebih aktif secara biologis. Pada kompos Teawaste murni (P4) memperlihatkan respirasi CO₂ yang tinggi pada kedua pengukuran, menunjukkan bahwa limbah teh merupakan sumber karbon yang sangat baik bagi mikroba tanah. Kandungan bahan organik mudah terurai dalam teawaste mendorong intensitas dekomposisi yang tinggi.

Nilai respirasi CO₂ tertinggi secara konsisten ditunjukkan oleh teawaste + *Trichoderma* spp. (P5) dan pupuk kandang kambing (P6). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *Trichoderma* spp. mampu meningkatkan aktivitas mikroba melalui percepatan dekomposisi dan stimulasi komunitas mikroba tanah. Pada pupuk

kandang kambing, tingginya respirasi CO₂ berkaitan dengan kombinasi kandungan bahan organik, nitrogen, dan mikroorganisme indigenous yang aktif. Selain itu, nitrogen total (N) dan karbon total (C) yang terkandung dalam pupuk kandang kambing dapat menyebabkan aktivasi mikroba (Meijide *et al.*, 2010) yang meningkatkan mineralisasi bahan organik menyebabkan pelepasan CO₂ (Bol *et al.*, 2003).

Pada pupuk kandang ayam (P7) juga menunjukkan respirasi CO₂ tinggi, meskipun sedikit lebih rendah dibandingkan pupuk kandang kambing dan teawaste + Trichoderma. Hal ini masih mengindikasikan aktivitas biologis yang intens dan potensi besar dalam meningkatkan kesuburan biologis tanah (Elita *et al.*, 2021 dan Suryani *et al.*, 2010). Aktivitas mikroba yang semakin tinggi ini menyebabkan lebih banyak karbon organik yang diubah menjadi energi melalui respirasi mikroba, sehingga terjadi pelepasan CO₂ lebih besar selama proses pengomposan (Widowati, 2022 dan Kusuma, 2016).

Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa pupuk organik berbasis limbah teh dan pupuk kandang memiliki aktivitas respirasi CO₂ yang lebih tinggi dibandingkan pupuk komersial, sejalan dengan tingginya populasi mikroba yang telah diamati sebelumnya. Aktivitas mikroorganisme tanah berbanding lurus dengan jumlah total mikroorganisme di dalam tanah, jika total mikroorganisme tinggi maka aktivitas mikroorganisme juga semakin tinggi (Wicaksono *et al.*, 2015). Tingginya respirasi CO₂ mencerminkan aktivitas biologis yang kuat, yang berperan penting dalam siklus hara, perbaikan sifat tanah, dan peningkatan kesuburan tanah jangka panjang (Iswati *et al.*, 2024). Respirasi ini menunjukkan aktivitas biologi dan populasi mikroorganisme tanah secara kuantitatif.

Tabel 2. Rerata Laju Respirasi CO₂ pada Beberapa Pupuk Organik

Perlakuan	Rata-rata respirasi tanah (log CFU/ml)
P1 (Bioneensis)	8.97 ab
P2 (Biom)	8.83 ab
P3 (Vermikompos)	8.69 ab
P4 (Tea waste)	8.48 a
P5 (Tea waste + Tricho)	9.11 b
P6 (Pukan kambing)	8.48 a
P7 (Pukan ayam)	8.48 a

Keterangan: Angka – angka yang diikuti huruf yang tidak sama pada baris dan kolom yang sama berbeda nyata pada taraf 5 % menurut DMRT.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan pupuk organik memberikan pengaruh nyata terhadap populasi mikroba tanah. Perlakuan biokompos tea waste yang diperkaya Trichoderma spp. menghasilkan populasi mikroba tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan agens hayati mampu meningkatkan aktivitas biologis tanah melalui peningkatan populasi mikroorganisme.

4. Kesimpulan

Variasi formulasi pupuk organik memberikan respons berbeda terhadap aktivitas biologi tanah. Populasi mikroba tertinggi ditemukan pada kompos tea waste dan pupuk kandang kambing, sedangkan respirasi CO₂ tertinggi pada pupuk kandang kambing dan kompos tea waste + Trichoderma spp. terdapat hubungan positif antara

populasi mikroba dan respirasi CO₂, yang menunjukkan peran penting mikroorganisme dalam dekomposisi bahan organik dan dinamika karbon tanah. Pupuk berbasis tea waste yang diperkaya agens hayati berpotensi meningkatkan aktivitas biologi tanah secara optimal dalam mendukung pengelolaan kesuburan tanah berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Anderson, J. P. E. (1982). Soil respiration. In A. L. Page et al. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties* (pp. 831–871). American Society of Agronomy.
- Bol, R., Moering, J., Kuzyakov, Y., & Amelung, W. (2003). Quantification of priming and CO₂ respiration sources following slurry-C incorporation into two grassland soils with different C content. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 17(23), 2585–2590
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). *The Nature and Properties of Soils* (15th ed.). Pearson Education, Inc.
- Elita, N., Erlinda, R., Harmailis, H., & Susilawati, E. (2021). Pengaruh aplikasi *Trichoderma* spp. indigenous terhadap hasil padi varietas Junjuang menggunakan System of Rice intensification. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 45(1).
- El-Shazly, M. M. (2020). Role of *Trichoderma* spp. in improving compost properties. *Plant Archives*, 20(2), 8353–8362
- Iswati, R., Abadi, A. L., Aini, L. Q., Soemarno, S., Asnawi, A., Pulogu, S. I., & Rudin, S. S. (2024). Potensi *Trichoderma* sp. indigenus Gorontalo sebagai dekomposer limbah tanaman jagung. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 29(2), 163–168.
- Kusuma, M. E. (2016). Efektifitas pemberian kompos *trichoderma* sp terhadap pertumbuhan dan hasil rumput setaria (*Setaria spachelata*). *Jurnal Ilmu Hewani Tropika*, 5(2), 76–81.
- Kafil, U., Biplob, K., Saha, Vanessa, N. L., Wong, A., & Patti, F. (2025). Organo-mineral fertilizer to sustain soil health and crop yield for reducing environmental impact: A comprehensive review. *European Journal of Agronomy*, 162.
- Meijide, A., Cárdenas, L. M., Sánchez-Martín, L., & Vallejo, A. (2010). Carbon dioxide and methane fluxes from a barley field amended with organic fertilizers under Mediterranean climatic conditions. *Plant and Soil*, 328, 353–367
- Purwani, J., & Hartatik, W. (2014). Pengelolaan bahan organik untuk meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 8(1), 1–10.
- Setyawan, B., & Hanum, H. (2014). Respirasi tanah sebagai indikator aktivitas mikroorganisme dalam tanah. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 3(2), 85–92.
- Siregar, A. (2023). Peran pupuk organik dalam meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas tanaman secara berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 25(2), 85–94.
- Susilowati, A. (2013). Pengaruh Pemberian Pupuk Kotoran Ayam Dan Pupuk Kotoran Kambing Terhadap Produktivitas Tanaman Cabai Merah Keriting (*Capsicum annum* L.). Disertasi: Universitas Muhammadiyah Surakarta

- Suryani, Y., Astuti, Oktavia, B., & Umniyati, S. (2010). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat dari Limbah Kotoran Ayam sebagai Agensi Probiotik dan Enzim Kolesterol Reduktase. Prosiding Seminar Nasional Biologi,
- Sylvia, D. M., Fuhrmann, J. J., Hartel, P. G., & Zuberer, D. A. (2005). *Principles and Applications of Soil Microbiology* (2nd ed.). Pearson Prentice Hall.
- Wicaksono, T., Sagiman, S., & Umran, I. (2015). Kajian Aktivitas Mikroorganisme Tanah pada Beberapa Cara Penggunaan Lahan Di Desa PALIX Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya. Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- Widowati, T., Nuriyanah, N., Nurjanah, L., Lekatompessy, S. J., & Simarmata, R. (2022). Pengaruh bahan baku kompos terhadap pertumbuhan dan produksi cabai merah keriting (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 665-671.
- Wulansari, R., Maryono, M., Darmawan, D. A., Athallah, F. N. F., & Hakim, F. K. (2022). Bio-Organic Mineral effect on soil fertility, nutrient uptake, and sweet corn (*Zea mays* L. *saccharata*) growth planted in inceptisols soils. *Indonesian Mining Journal*, 25(1), 49-58.
- Wulansari, R., et al. (2022). Pemanfaatan limbah teh (*tea waste*) sebagai bahan pupuk organik dalam meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 123–131.