

Efektivitas *Trichoderma Harzianum* dalam Meningkatkan Kualitas Kompos Berbasis Limbah Kulit Pisang

Rinni Rulma Putri¹, Santi Diana Putri^{2*}, Kiki Amelia³, Wilna Sari⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Agroteknologi, Departemen Agroindustri, FMIPA, Universitas Negeri Padang

*Corresponding author, email: santidianaputri@fmipa.unp.ac.id

ABSTRACT

*Compost is the result of organic fermentation that enriches soil nutrients naturally and is environmentally friendly. Banana peels have the potential to compost raw materials that are rich in nutrients, so far they are often wasted. Banana peel compost decomposed organic matter with the microorganism *Trichoderma harzianum* to improve the quality of banana peel-based compost. Its main purpose is to speed up the decomposition process and improve the nutritional quality of compost. This research was used to make compost from banana peels, with the addition of *Trichoderma harzianum*. The result is banana peel compost with nitrogen (N) content of 2.07% and potassium (K) of 5.02%, according to organic fertilizer quality standards in Indonesia. The population of microorganisms in compost varies, peaking at 16.4×10^7 cfu/gram and low at 11.6×10^8 cfu/gram. During composting, there is a significant change in pH. Initially, the pH is close to neutral (6.8), but drops dramatically to 4.9 by day 5. After this period, the pH increases again until it reaches 7.0 from day 16 to day 21. The results showed that composting banana peel waste with the addition of *Trichoderma harzianum* was effective in improving compost quality and producing products that conform to standards. *Trichoderma harzianum* can speed up the decomposition process, improve nutrient quality, and produce compost with an appropriate C/N ratio.*

Keywords: decomposition, compost, banana peel waste, *Trichoderma harzianum*

ABSTRAK

*Kompos merupakan hasil fermentasi organik yang memperkaya nutrisi tanah secara alami dan ramah lingkungan. Kulit pisang berpotensi sebagai bahan baku kompos yang kaya nutrisi, selama ini sering terbuang. Kompos kulit pisang yang didekomposisi bahan organik dengan mikroorganisme *Trichoderma harzianum* untuk meningkatkan kualitas kompos berbasis kulit pisang. Tujuan utamanya adalah untuk mempercepat proses dekomposisi dan meningkatkan kualitas nutrisi kompos. Penelitian ini digunakan untuk membuat kompos dari kulit pisang, dengan penambahan *Trichoderma harzianum*. Hasilnya adalah kompos kulit pisang dengan kandungan nitrogen (N) sebesar 2,07% dan kalium (K) sebesar 5,02%, sesuai standar mutu pupuk organik di Indonesia. Populasi mikroorganisme dalam kompos bervariasi, mencapai puncaknya pada $16,4 \times 10^7$ cfu / gram dan rendah pada $11,6 \times 10^8$ cfu / gram. Selama pengomposan, terjadi perubahan pH secara signifikan. Awalnya, pH mendekati netral (6,8), tetapi turun drastis menjadi 4,9 pada hari ke-5. Setelah periode ini, pH meningkat lagi hingga mencapai 7,0 dari hari ke-16 hingga hari ke-21. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengomposan limbah kulit pisang dengan penambahan *Trichoderma harzianum* efektif dalam meningkatkan kualitas kompos dan menghasilkan produk yang sesuai standar. *Trichoderma harzianum* dapat mempercepat proses dekomposisi, meningkatkan kualitas nutrisi, dan menghasilkan kompos dengan rasio C/N yang sesuai.*

Kata kunci: dekomposisi, kompos, limbah kulit pisang, *trichoderma harzianum*

PENDAHULUAN

Kompos merupakan salah satu bahan-bahan organik yang difermentasikan menggunakan mikroorganisme sehingga dapat meningkatkan tanah yang miskin unsur hara menjadi tanah yang lebih produktif melalui proses alamiah. Dengan penggunaan kompos juga lebih sehat dan ramah akan lingkungan serta dapat mengurangi dampak negatif dari bahan kimia yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan (Alviani, 2020). Seiring dengan berjalannya waktu, peningkatan produktivitas dan semakin meningkatnya minat konsumen terhadap buah pisang, hal tersebut berkaitan erat terhadap sisa hasil dari kegiatan konsumsi dan produksi limbah kulit pisang yang dihasilkan (Teshome, 2022). Kulit pisang merupakan 1/3 bagian dari buah pisang. Upaya tersebut dilakukan untuk mengurangi atau mengantisipasi dampak yang akan terjadi jika kulit pisang dengan hasil produksi yang besar hanya akan menjadi tumpukan sampah yang menggunung dan pada akhirnya akan berdampak pada polusi udara dan sumber penyakit (Musfirah, 2019) (Sial et al., 2019).

Sejauh ini pemanfaatan limbah kulit pisang masih kurang, hanya sebagian orang yang memanfaatkannya sebagai pakan ternak. Adapun kandungan yang terdapat di kulit pisang yakni Kalsium (K) yang berfungsi sebagai pengangkutan dari unsur-unsur lain dari tanaman dan kalsium adalah bagian esensial dari struktur dinding sel tanaman dan fungsi lain dari kalsium yaitu sebagai pembentukan jaringan penguat. Fosfor (P) berfungsi sebagai pengangkutan energi hasil metabolisme dalam tanaman, merangsang pembungaan dan pembuahan, serta merangsang pertumbuhan akar. Magnesium (mg) berfungsi sebagai sensi utama sehingga berhubungan langsung dengan proses fotosintesis. Sodium salah satu elemen pada tanaman yang digunakan dalam jumlah kecil yang membantu dalam proses metabolisme dan sintesis protein dan sulfur memiliki fungsi yang sangat diperlukan tanaman untuk membantu dalam proses pembentukan hijau daun. Oleh karena pada kulit pisang memiliki potensi yang baik untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik salah satunya adalah pupuk kompos (Musfirah, 2019).

Salah satu mikroorganisme fungsional yang dikenal luas sebagai pupuk biologis tanah adalah jamur *Trichoderma harzianum* (Zheng et al., 2023). Spesies *Trichoderma harzianum* di samping sebagai organisme pengurai, dapat pula berfungsi sebagai agen hayati dan stimulator pertumbuhan tanaman (Mollah & Hassan, 2023). Biakan jamur *Trichoderma* diberikan ke areal pertanaman dan berlaku sebagai biodekomposer, mendekomposisi limbah organik (rontokan dedaunan dan ranting tua) menjadi kompos yang bermutu. Serta dapat berlaku sebagai biofungisida, yang berperan mengendalikan organisme patogen penyebab penyakit tanaman (Musfirah, 2019) (Mendes-Pereira et al., 2022). Oleh karena itu, tujuan dari efektivitas *Trichoderma harzianum* dalam meningkatkan kualitas kompos berbasis limbah kulit pisang adalah untuk mempercepat proses dekomposisi dan meningkatkan kualitas nutrisi pada kompos. Dengan penambahan *Trichoderma harzianum*, diharapkan dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam proses dekomposisi sehingga menghasilkan kompos yang lebih baik. Selain itu, *Trichoderma harzianum* juga dapat berfungsi sebagai agen antagonis terhadap beberapa jenis patogen tanaman, sehingga dapat membantu meningkatkan kualitas tanah dan pertumbuhan tanaman.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2023, bertempat di Laboratorium Lapangan Departemen Agroindustri Fakultas MIPA Universitas Negeri Padang. Sedangkan analisis labor dilaksanakan pada bulan Juni 2023 di Laboratorium Tanah Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sumatera Barat. Bahan yang digunakan pada penelitian ini 40 kg limbah kulit pisang, *Trichoderma harzianum* 100 gram, 100 gram gula merah dan 5 liter air.

Alat yang digunakan yaitu, pisau, talenan, plastik hitam, alat *Soil survey instrument*, serta alat lain yang diperlukan dalam penelitian ini. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif, yaitu mendeskripsikan hasil penelitian secara jelas dan terperinci. Mendeskripsikan data kandungan hara N, P, K, Rasio C/N, pH yang terdapat dalam tabel SNI Kompos, dan aktivitas mikroorganisme.

Hal pertama yang dilakukan yaitu pembuatan kompos dari kulit pisang yang sudah dikumpulkan kemudian di cincang sampai berukuran 3-4 cm. Kemudian larutkan gula merah kedalam air. Masukkan semua bahan untuk dibuat kompos kedalam plastik hitam. Buat lapisan pertama kulit pisang tersebut setebal kurang lebih 10 cm. Kemudian siram dengan larutan gula merah. Selanjutnya ditaburi *Trichoderma harzianum*. Buat lapisan kedua di atasnya, siram dengan larutan gula merah. Kemudian taburi *Trichoderma harzianum*, demikian seterusnya hingga kulit pisang habis. Lakukan pembalikan setiap 3 hari sekali agar lapisan tersebut tercampur secara merata. Proses pengomposan ini memerlukan waktu 3-4 minggu. Proses pengomposan dikatakan sempurna apabila warna kompos menjadi coklat kehitaman, tidak berbau menyengat, dan remah seperti tanah. Apabila kompos kulit pisang sudah matang berarti kompos tersebut sudah bias digunakan sebagai pupuk organik serta bisa langsung di aplikasikan ke tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil analisis kompos limbah kulit pisang dengan *Trichoderma harzianum*

| Kandungan Nutrisi | Standar Hara | Hasil Analisis (%) | Kriteria |
|-------------------|--------------|--------------------|---------------------|
| N | 0,40 | 2,07 | Diatas rekomendasi |
| P | 0,10 | 0,65 | Diatas rekomendasi |
| K | 0,20 | 5,02 | Diatas rekomendasi |
| C/N | 10-20 | 9,58 | Dibawah rekomendasi |

Sumber kriteria: SNI 19-7030-2004

Analisis Kandungan N

Pada tabel di atas, terlihat bahwa kompos limbah kulit pisang dengan penambahan *Trichoderma harzianum* memiliki kandungan hara makro seperti nitrogen (N) sebesar 2,07% yang sesuai dengan standard. Hal ini disebabkan karena *Trichoderma harzianum* dapat memfermentasi bahan baku kompos menjadi senyawa-senyawa yang lebih mudah diserap oleh tanaman. Nitrogen memiliki peran penting dalam membentuk zat hijau daun (klorofil) yang sangat penting dalam proses fotosintesis, serta merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman secara keseluruhan, terutama pertumbuhan akar, batang, dan daun. Menurut (Akbari, 2015) menyatakan bahwa dalam proses pengomposan, apabila unsur N (Nitrogen) tersedia dalam jumlah yang cukup, maka unsur P jika N tersedia dalam jumlah, maka unsur P juga tersedia dalam jumlah yang cukup. *Trichoderma harzianum*, spesies jamur yang biasa digunakan dalam pertanian, memainkan peran penting dalam meningkatkan ketersediaan dan pemanfaatan nitrogen tanaman karena dapat mengkolonisasi permukaan akar tanaman dan mengeluarkan enzim yang melarutkan unsur hara tanah, sehingga lebih mudah tersedia bagi tanaman (Jumadi et al., 2021). Menambahkan *Trichoderma* pada saat proses pengomposan juga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen (NUE), yang meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, dan merangsang pertumbuhan mikroorganisme bermanfaat lainnya seperti jamur mikoriza, yang selanjutnya meningkatkan akuisisi hara dan pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, keberadaan *Trichoderma* di dalam tanah tidak hanya dapat meningkatkan ketersediaan dan pemanfaatan nitrogen oleh tanaman, tetapi juga mendorong pertumbuhan mikroorganisme menguntungkan lainnya, menjadikannya alat yang berharga dalam pertanian berkelanjutan (Singh et al., 2019).

Analisis Kandungan P

Pada table di atas, terlihat bahwa kompos limbah kulit pisang dengan penambahan *Trichoderma harzianum* memiliki kandungan hara fosfor (P) sebesar 0,65% sesuai dengan standar. Hal ini mikroba yang membantu pada proses dekomposisi berasal dari bahan organik dan *Trichoderma harzianum*. Kandungan P yang tinggi dari standar disebabkan oleh kandungan P yang ada di dalam bahan pembuatan kompos, serta perbedaan jumlah mikroorganisme yang terdapat pada proses dekomposisi. Selain itu, juga disebabkan oleh bahan alami yang bertahan lama yang dilengkapi oleh mikroorganisme. Menurut (Syafria & Farizaldi, 2022). Fosfor juga merupakan salah satu unsur hara makro yang dibutuhkan oleh tanah yang berguna untuk mempercepat pertumbuhan akar, mempercepat pertumbuhan buah atau biji dan menjaga kesuburan tanah. Hal ini diperkuat oleh (Rahmawati et al., 2020) bahwa P berfungsi sebagai pertumbuhan akar yang sehat dan normal, serta sebagai pembentukan karbohidrat dan cadangan makanan untuk tanaman.

Analisis Kandungan K

Pada table di atas, terlihat bahwa kompos limbah kulit pisang dengan penambahan *Trichoderma harzianum* memiliki kandungan hara Kalium (K) sebesar 5,02% sesuai dengan standar. Hal ini diperkuat oleh (Sulfianti et al., 2021) bahwa kandungan K terjadi ketika proses fermentasi berlangsung dengan baik. Kalium memiliki peran sebagai katalisator bagi mikroorganisme untuk mempercepat fermentasi. Kecepatan fermentasi yang tinggi memungkinkan lebih banyak bahan dirombak, sehingga kadar kalium dalam limbah kulit pisang dapat meningkat. Selain itu, kalium juga berfungsi untuk mempercepat metabolisme unsur nitrogen serta mencegah penumpukan bunga dan buah tidak mudah gugur. Kandungan unsur hara makro dalam pupuk organik sangat penting bagi pertumbuhan dan produksi tanaman, sehingga pemilihan jenis pupuk dan aplikasinya harus dilakukan dengan tepat agar memberikan manfaat yang optimal bagi tanaman (Chen et al., 2023). Oleh karena itu, kompos limbah kulit pisang dengan penambahan *Trichoderma harzianum* dapat dijadikan sebagai alternatif pupuk organik yang baik untuk meningkatkan kualitas tanah dan pertumbuhan tanaman.

Aktivitas Mikroorganisme

Tabel 2. Aktivitas mikroorganisme

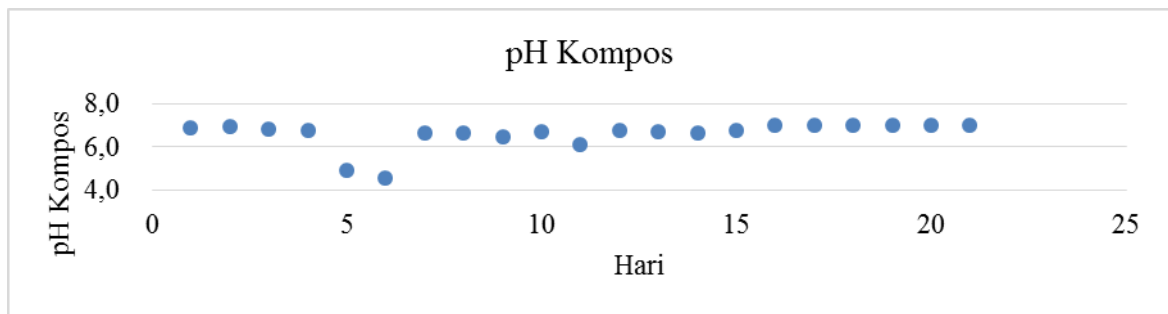
| Tingkatan | Rata-rata |
|------------|-------------|
| 10^{-10} | $15,4^{10}$ |
| 10^{-9} | $14,4^9$ |
| 10^{-8} | $11,6^8$ |
| 10^{-7} | $16,4^7$ |
| 10^{-6} | $12,1^6$ |

Pada tabel di atas, terlihat bahwa rata-rata yang tertinggi dari aktivitas mikroorganisme yaitu pada tingkatan ke 10^7 sebanyak $16,4^7$ cfu/gram dan terendah pada tingkatan ke 10^8 sebanyak $11,6^8$ cfu/gram. Dalam proses pengomposan, aktivitas mikroorganisme sangat berperan dalam dekomposisi dan stabilisasi bahan organik. Jenis mikroorganisme yang dominan berperan dalam masing-masing fase pengomposan perlu diketahui, dengan demikian maka dapat dilakukan penambahan inokulum (bakteri) tertentu untuk mempercepat proses degradasi bahan organik sehingga waktu pengomposan akan lebih cepat. Jamur, bakteri, dan actinomycetes merupakan mikroorganisme yang diperlukan dalam jumlah populasi yang cukup untuk membangkitkan proses pengomposan. Jenis mikroorganisme yang berperan

dalam pengomposan dipengaruhi oleh temperatur, apabila temperatur pengomposan berkisar antara temperatur (25°C) kamar dan 40°C maka mikroorganisme mesofilik yang dominan. Aktivitas mikroorganisme tersebut menghasilkan panas yang akan meningkatkan temperatur di atas 40°C, maka mikroorganisme mesophilik akan pindah ke lapisan luar, sedangkan mikroorganisme thermofilik mulai melakukan aktivitasnya (Andriany, 2018) (Xu *et al.*, 2023).

Derajat Keasaman (pH)

Hasil penelitian di laboratorium menunjukkan pH proses pengomposan dari 0 hari hingga 21 hari dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



Grafik 1. pH kompos

Dari grafik di atas, menunjukkan pada awal pengomposan nilai pH lama kelamaan akan berubah mendekati pH netral sesuai dengan pH tanah. Pada awal dekomposisi hari ke-0 sampai dengan hari ke-4 dengan pH rata-rata 6,8 kemudian pada hari ke-5 pH menurun menjadi 4.9 kemudian hari ke-6 turun menjadi 4.5 dan mengalami kenaikan di hari ke-7 sampai dengan hari ke-15 rata-rata pH kisaran 6.0 - 6.7 kemudian pH naik menjadi 7.0 di hari ke-16 - hari ke-21. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas yang mendegradasi limbah adalah jamur karena pada penelitian yang pernah dilakukan rentang optimum pH untuk bakteri adalah 6 - 7,5, sedangkan untuk jamur berkisar antara 5,5 - 8 dan untuk pH kotoran ternak optimum pada pH 6,8 - 7,4 (Siagian *et al.*, 2021). Pada tahap akhir proses pengomposan pH akan menjadi 6,78 - 7,81 (Siagian *et al.*, 2021). Oleh karena itu, pH yang cenderung asam justru menguntungkan karena dapat menghasilkan unsur nitrogen yang sangat banyak dan mematikan nimfa atau telur dari serangga atau organisme patogen lainnya (Siagian *et al.*, 2021). pH mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik seperti limbah limbah kulit pisang dan ketersediaan nutrisi pada kompos (Yanti *et al.*, 2023). Jika pH terlalu asam atau terlalu basa akan mempengaruhi kualitas kompos yang dihasilkan, akibatnya kompos mengandung ammonia (Siagian *et al.*, 2021). Sehingga mengeluarkan bau yang tidak sedap dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Kisaran pH pada proses pengomposan limbah kulit pisang berkisar dari 4.5 hingga 7.0 masih dalam standar pH yang direkomendasikan kementerian pertanian No. 261 tahun 2019. Nilai pH selama masa pengomposan sangat mempengaruhi terhadap pertumbuhan mikroorganisme perombak. Nilai pH yang terlalu tinggi akan membuat unsur nitrogen dalam bahan kompos berubah menjadi ammonia (NH₃) sebaliknya, nilai pH yang terlalu rendah akan menyebabkan sebagian mikroorganisme perombak mati sehingga dapat mengganggu proses pengomposan. Selama proses pengomposan, pH kompos mengalami kenaikan karena terjadinya penguraian protein dalam bahan organik dan pelepasan amino (Nunik & Anzi, 2018).

Rasio C/N

Pada tabel 1 di atas dapat dilihat kandungan rasio C/N dari kompos limbah kulit dengan penambahan *Trichoderma Harzianum* sebesar 9,58 % rasio C/N dibawah rekomendasi. C/N kompos merupakan perubahan yang penting diketahui dalam pengomposan, karena dapat digunakan sebagai penduga bahwa kompos sudah matang.

Namun demikian menurut (Syafria & Farizaldi, 2022) penentu awal rasio C/N bahan pembuatan kompos sangat penting ditentukan lebih awal. Rasio bahan pembuatan kompos berkisar 25-35. Hal ini dapat dijelaskan bahwa struktur sel protoplasma mikroba terdiri 19,84% C dan 2,07% N, oleh sebab itu mikroba yang bekerja untuk menguraikan campuran bahan organik kompos mempunyai C=10. Jika rasio C/N kecil dari 25-35 maka banyak N yang hilang dalam bentuk ammonia. Sebaliknya jika rasio C/N lebih besar dari 25-35, maka proses pengomposan akan berlangsung dalam waktu yang lama. Oleh karena itu, pengaturan rasio C/N yang tepat dapat mempengaruhi kualitas kompos (Dume et al., 2023). Hal ini didukung oleh pendapat (Amnah & Friska, 2019), bahwa Prinsip pengomposan adalah untuk menurunkan rasio C/N bahan organik hingga sama dengan C/N tanah (<20). Dalam pengomposan, C digunakan sebagai sumber energi dan N sebagai sumber nutrisi untuk pembentukan sel-sel tubuh mikroba selama proses pengomposan. Oleh karena itu, pengaturan rasio C/N yang tepat sangat penting dalam proses pengomposan untuk menghasilkan kompos yang berkualitas. Pada proses pengomposan berlangsung perubahan-perubahan bahan organik menjadi CO₂ + H₂O + nutrient + humus + energi. Selama proses pengomposan CO₂ menguap dan menyebabkan penurunan kadar karbon (C) dan peningkatan nitrogen (N) sehingga rasio C/N kompos menurun. Rasio C/N yang terlalu tinggi akan memperlambat proses proses pembusukan, sebaliknya jika terlalu rendah walaupun awalnya proses pembusukan berjalan dengan cepat, tetapi akhirnya melambat karena kekurangan C sebagai sumber energy bagi mikroorganisme (Widarti et al., 2015).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian *Trichoderma harzianum* adalah jamur yang efektif dalam meningkatkan kualitas kompos berbasis limbah kulit pisang. Penggunaan *Trichoderma harzianum* dapat mempercepat proses dekomposisi dan meningkatkan kualitas nutrisi pada kompos yang terdiri dari kandungan N, P, K yang sesuai dengan standar. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, untuk menambahkan bahan organik dengan C/N yang tinggi, cenderung mengandung lebih banyak karbon dari pada nitrogen. Hal ini dapat mempengaruhi proses dekomposisi bahan organik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbari, W. A. (2015). Pemanfaatan limbah kulit pisang dan tanaman *Mucuna bracteata* sebagai pupuk kompos. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v3i1.11424>
- Alviani. (2020). Pengaruh beberapa spesies trichoderma terhadap sifat fisik kompos ampas sagu.
- Amnah, R., & Friska, M. (2019). Pengaruh aktivator terhadap kadar unsur C, N, P dan K kompos pelepah daun salak sidimpuan effect of activator on levels of C, N, P and K compost of salak sidimpuan leaf midrib. *Jurnal Pertanian Tropik*, 6(3), 342–347.
- Andriany, Fa. A. A. (2018). Pengaruh jenis bioaktivator terhadap laju dekomposisi seresah daun jati *Tectona grandis* L.f., di wilayah kampus Unhas Tamalanrea effect of bioactivators types on the rate of teak *Tectona grandis* L. f., leaf “seresah” decomposition , in the campus Unhas Ta. *Bioma : Jurnal Biologi Makassar*, 3(2), 31–42.
- Chen, J., Ma, X., Lu, X., Xu, H., Chen, D., Li, Y., Zhou, Z., Li, Y., Ma, S., & Yakov, K. (2023). Long-term phosphorus addition alleviates CO₂ and N₂O emissions via altering soil microbial functions in secondary rather primary tropical forests. *Environmental Pollution*, 323, 121295. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121295>.
- Dume, B., Hanc, A., Svehla, P., Michal, P., Chane, A. D., & Nigussie, A. (2023). Composting

- and vermicomposting of sewage sludge at various C/N ratios: Technological feasibility and end-product quality. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 263, 115255. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115255>
- Jumadi, O., Junda, M., Caronge, W. M., & Syafruddin. (2021). Trichoderma dan pemanfaatan (M. S. Prof. Oslan Jumadi, S.Si, M.Phil. Ph.D Dr. Ir. Muh. Junda & S. . Dr. Ir. Muh. Wiharto Caronge, M.Si Syafruddin (eds.)). *Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura*.
- Mendes-Pereira, T., Moreira, C. C., Kloss, T. G., Fonseca, P. L. C., Elliot, S. L., & Loreto, R. G. de. (2022). Fungus-insect symbiosis: diversity and negative ecological role of the hypocrealean fungus trichoderma harzianum in colonies of neotropical termites (*Blattodea: Termitidae*). *Fungal Ecology*, 57–58, 101152. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.funeco.2022.101152>
- Mollah, M. M. I., & Hassan, N. (2023). Efficacy of Trichoderma harzianum, as a biological fungicide against fungal diseases of potato, late blight and early blight. *Journal of Natural Pesticide Research*, 5, 100047. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.napere.2023.100047>
- Musfirah. (2019). Pemanfaatan limbah kulit pisang kepok (musa acuiminata) dengan penambahan trichhoderam sp. sebagai kompos terhadap pertumbuhan tanaman cabe rawit (*Capsicum Frustences. L*), *Skripsi*.
- Nunik, E., & Anzi, A. K. (2018). Pengomposan sampah organik (kubis dan kulit pisang) dengan menggunakan EM4. *Jurnal TEDC*, 12(1), 38–43.
- Rahmawati, M., Santoso, R. S. S., & Setyaningrum, A. (2020). Fortifikasi fosfor pada pembuatan pupuk organik padat berbahan baku feses sapi potong terhadap kadar fosfor dan C/N rasio. *Journal of Animal Science and Technology*, 2(1), 310–320.
- Siagian, S. W., Yuriandala, Y., & Maziya, F. B. (2021). Vegetasi hutan dan vegetasi buatan. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), 166–176.
- Sial, T. A., Khan, M. N., Lan, Z., Kumbhar, F., Ying, Z., Zhang, J., Sun, D., & Li, X. (2019). Contrasting effects of banana peels waste and its biochar on greenhouse gas emissions and soil biochemical properties. *Process Safety and Environmental Protection*, 122, 366–377. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.10.030>
- Singh, B. N., Dwivedi, P., Sarma, B. K., Singh, G. S., & Singh, H. B. (2019). A novel function of N-signaling in plants with special reference to Trichoderma interaction influencing plant growth, nitrogen use efficiency, and cross talk with plant hormones. *3 Biotech*, 9(3), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13205-019-1638-3>
- Sulfianti, Risman, & Saputri, I. (2021). Analisis Npk pupuk organik cair dari berbagai jenis air cucian beras dengan metode fermentasi yang berbeda npk analysis of liquid organic fertilizer from various types of rice washing water with different fermentation. *Agrotech*, 11(1), 36–42.
- Syafria, H., & Farizaldi, F. (2022). Peningkatan kandungan unsur hara pupuk kompos dengan stardec untuk hijauan makanan ternak. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 24(1), 36. <https://doi.org/10.25077/jpi.24.1.36-42.2022>
- Teshome, Z. T. (2022). Effects of banana peel compost rates on Swiss chard growth performance and yield in Shirka district, Oromia, Ethiopia. *Heliyon*, 8(8), e10097. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10097>
- Widarti, B. N., Wardhini, W. K., & Sarwono, E. (2015). Pengaruh rasio C/N bahan baku pada pembuatan kompos dari kubis dan kulit pisang. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(2), 75–80.
- Xu, Z., Li, R., Zhang, X., liu, J., Xu, X., Wang, S., Lan, T., Zhang, K., gao, F., He, Q., Pan, J., Quan, F., & Zhang, Z. (2023). Mechanisms and effects of novel ammonifying microorganisms on nitrogen ammonification in cow manure waste composting. *Waste Management*, 169, 167–178. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.07.009>
- Yanti, I., Sationo, P. P., Winata, W. F., Anugrahwati, M., Anas, A. K., & Swasono, Y. A.

- (2023). Effectiveness of activated carbon magnetic composite from banana peel (*Musa acuminata*) for recovering iron metal ions. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8, 100378. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100378>
- Zheng, T., Ma, Y.-L., Li, W.-S., Deng, J.-X., Li, H., Luo, M.-L., Wang, T.-W., & Wang, Y.-H. (2023). *Trichoderma* species from rhizosphere of *Oxalis corymbosa* release volatile organic compounds inhibiting the seed germination and growth of *Echinochloa colona*. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(11), 105274. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.105274>