

Influence of Fly Ash Addition on Nutrient and Microbial Population in Citronella Leaf Waste Composting

Alfi Laila Zuhriansah^{1*}, Irdika Mansur², Sri W. Budi R.², Ria Astuti¹, Rizky Febriana Br Lubis¹, Hanifa Rahmah¹, Mona Fitri Shrena¹, Yosie Syadza Kusuma¹

¹Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia;

²Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, IPB University, Bogor, Indonesia;

Article History

Received : July 16th, 2025

Revised : August 17th, 2025

Accepted : September 25th, 2025

*Corresponding Author:

Alfi Laila Zuhriansah,
Program Studi Kehutanan,
Fakultas Pertanian, Universitas
Syiah Kuala, Aceh, Nanggroe
Aceh Darussalam, Indonesia;
Email:
alfil_zuhriansah@usk.ac.id

Abstract: The response of composting microbes to fly ash can show an increase or decrease in population depending on the type and concentration of fly ash used. This study aims to identify the effect of fly ash addition on the composting of citronella (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendl.) leaf waste, specifically in relation to changes in the C/N ratio and the number of composting microbes, and the identification of fungal species that developed during the process. The composting treatments included citronella leaf waste without alkali (K), also with the addition of alkali in the form of 2% dolomite (D), fly ash of 2% (FA1), 5% (FA2), 10% (FA3) and 15% (FA4). The analysis used in this study was a quantitative descriptive analysis related to the analysis of C-organic and total N, as well as composting microbes. Quantitative descriptive analysis was employed to assess C-organic content, total nitrogen, and microbial populations. The results demonstrated that the incorporation of fly ash influenced both the C/N ratio and microbial abundance. The addition of 10% fly ash proved to be the most effective treatment, increasing nitrogen content and reducing the C/N ratio to 26, while supporting bacterial growth up to 3.0×10^{11} CFU/g. Fungal identification revealed the presence of *Rhizopus* sp., *Trichoderma* sp., and *Aspergillus* sp., which contribute to the degradation of organic matter in citronella leaf waste.

Keywords: additives, composting, nutrient, microbes, waste

Pendahuluan

Pemanfaatan limbah yang memerlukan percepatan diversifikasi terus mengalami perkembangan hingga saat ini, dengan ampas serih wangi dan *fly ash* sebagai contohnya. Ampas serih wangi merupakan limbah berupa bagian pucuk atau daun yang telah melalui proses penyulingan untuk mengekstrak minyak atsiri. Di Indonesia, salah satu produsen minyak atsiri serih wangi yang menghasilkan limbah ini adalah PT Pemalang Agro Wangi, yang memerlukan sekitar 1.000 kg daun serih wangi per hari dalam proses produksinya (Nugraha *et al.*, 2019). Limbah ampas serih wangi yang dihasilkan dalam jumlah melimpah tersebut merupakan bahan organik yang berpotensi dimanfaatkan sebagai kompos. Keberhasilan

proses pengomposan sangat dipengaruhi oleh keseimbangan faktor bahan dan lingkungan, seperti rasio karbon terhadap nitrogen (C/N), kelembaban, dan ketersediaan oksigen (Lin *et al.*, 2022; Cao *et al.*, 2023). Penambahan bahan aditif dalam proses ini bertujuan untuk memperbaiki rasio C/N sekaligus meningkatkan kandungan unsur hara pada kompos. Selain itu, aspek mikrobiologis juga perlu diperhatikan, mengingat bahan aditif dapat memengaruhi kelangsungan hidup mikroba pengomposan, yang pada akhirnya berdampak terhadap laju dekomposisi dan kecepatan pematangan kompos (Gabhane *et al.*, 2012).

Salah satu bahan aditif yang berlimpah dan dapat dimanfaatkan dalam pengomposan adalah *fly ash*. Limbah yang tergolong bahan alkali ini berasal dari proses pembakaran

batubara dan telah dikeluarkan dari daftar limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Mengingat *fly ash* memerlukan manajemen penimbunan yang melibatkan lahan luas dan perlakuan khusus, percepatan diversifikasi produk berbasis *fly ash* menjadi penting untuk mengurangi permasalahan penumpukannya. Di berbagai negara, *fly ash* dimanfaatkan untuk berbagai produk berdasarkan sifat fisik maupun kimianya (Gobel, 2018; Nugroho *et al.*, 2022; Ukwattage *et al.*, 2021; Tantermsirikul *et al.*, 2022; Siswati *et al.*, 2023; Raletsena & Mongalo, 2024). Sama halnya dengan dolomit, *fly ash* termasuk sebagai bahan aditif dalam pembuatan kompos (Asquer *et al.*, 2019; Karwal & Kau, 2020). *Fly ash* dari berbagai negara memiliki kandungan kimia yang beragam (Jackson *et al.*, 1999; Asquer *et al.*, 2019; Bhatta *et al.*, 2019; Tantermsirikul *et al.*, 2022; Zuhriansah *et al.*, 2020) memungkinkan terjadinya variasi efek terhadap rasio C/N dan komunitas mikroba selama pengomposan.

Penelitian sebelumnya menunjukkan adanya efek positif maupun negatif dari penambahan *fly ash* ke dalam proses pengomposan. Studi yang dilakukan oleh Lee *et al.* (2014) dan Ling *et al.* (2017) melaporkan bahwa rasio C/N pada pengomposan dengan penambahan *fly ash* cenderung lebih tinggi dibandingkan tanpa *fly ash* hingga akhir proses. Sebaliknya, beberapa penelitian menemukan adanya peningkatan konsentrasi bakteri pada pengomposan yang diberi tambahan *fly ash* dibandingkan kontrol tanpa *fly ash* (Shrivastava *et al.*, 2018; Kurniawati & Priyadi, 2021a; Kurniawati & Priyadi, 2021b; Bhattacharya & Chattopadhyay, 2022). Perbedaan hasil ini mengindikasikan bahwa pengaruh *fly ash* terhadap proses pengomposan sangat dipengaruhi oleh kondisi, jenis bahan organik, serta konsentrasi *fly ash* yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi efek dari penambahan *fly ash* ke dalam pengomposan ampas daun sereh wangi terhadap perubahan C/N rasio dan jumlah mikroba pengomposan, serta mengidentifikasi jamur yang berperan dalam pengomposan tersebut.

Bahan dan Metode

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Bulan Agustus-Oktober berlangsung di SEAMEO BIOTROP, Bogor. Ampas daun sereh wangi diperoleh dari PT Pemalang Agro Wangi. *Fly ash* diperoleh dari *smelter* PT Trimegah Bangun Persada. Analisis C-organik dan nitrogen (N) total dilakukan di Laboratorium Tanah dan Tanaman, SEAMEO BIOTROP, Bogor.

Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ampas daun sereh wangi. Ampas daun sereh wangi tersebut sudah ditimbun selama ± 1.5 bulan. *Fly ash* yang digunakan mempunyai pH 8.52. Bahan lain yang digunakan yaitu dolomit dengan pH 7.8, agar instan, alkohol, *Nutrient Broth* (NB), *Potato Dextrose Agar* (PDA), dan aquades.

Alat yang digunakan meliputi *autoclave*, oven, timbangan analitik, *Laminar Air Flow* (LAF) *cabinet*, mikroskop, mortar dan pistil, tabung reaksi, pipet, mikropipet, tip, fortex, batang penyebar, *plastic wrap*, *aluminium foil*, lampu bunsen, jarum ose, plastik dan karet anti panas, serta cawan Petri.

Prosedur Penelitian

Pengambilan Sample Bahan Kompos Ampas Daun Sereh Wangi

Ampas daun sereh wangi dicacah dan ditumpuk dengan ukuran 112 cm x 61 cm x 112 cm. Dilakukan sebanyak 6 perlakuan pengomposan masing-masing menggunakan 60 kg ampas daun sereh wangi yang terdiri dari pengomposan ampas daun sereh wangi tanpa bahan alkali (K), pengomposan ampas daun sereh wangi dengan penambahan bahan alkali berupa 2% dolomit (D) sebagai pembanding, serta pengomposan ampas daun sereh wangi dengan penambahan *fly ash* sebesar 2% (FA1), 5% (FA2), 10% (FA3) dan 15% (FA4). Ditambahkan air hingga mencapai kelembaban sebesar 60% (Roy *et al.*, 2022) dan dilakukan pula proses pengadukan saat proses pengomposan (Kumar, 2011; Lin *et al.*, 2022). Sample kompos ampas daun sereh wangi pada berbagai perlakuan penambahan bahan alkali dilakukan pada suhu rata-rata pengomposan yang mencapai 30°C. Dilakukan pengambilan sample komposit pada 5 lokasi, yaitu bagian tengah dan 4 sisi tumpukan pada minggu ke-1 untuk analisis C-organik dan N total. Analisis yang digunakan

dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kuantitatif terkait analisis C-organik dan N total, serta mikroba pengomposan.

Analisis C-organik dan N total

Analisis C-organik dan N total dilakukan pada bahan ampas daun sereh wangi kontrol dan perlakuan sebelum proses pengomposan. Analisis N total kompos menggunakan metode Kjeldahl. Analisis C-organik kompos menggunakan metode Walkey & Black. Analisis *fly ash* dan dolomit merujuk pada hasil Zuhriansah (2020) dan Zuhriansah *et al.* (2020).

Analisis mikroba pengomposan

Dilakukan analisis jumlah koloni bakteri (media *Nutrient Agar*) dan cendawan (media *Potato Dextrose Agar* (PDA)+Tetracyclin) pada sampel kompos. Analisis jumlah koloni mikroba tersebut dilakukan 1 kali, yaitu saat suhu rata-rata pengomposan telah mencapai suhu 30°C. Sebanyak 1 g sampel kompos diencerkan ke dalam 9 ml aquades steril. Metode pengenceran berseri dilakukan hingga 10 kali dengan 3 kali pengulangan. Isolasi menggunakan teknik *spread plate* menggunakan 100 µl sampel pengenceran. Dilakukan identifikasi genus cendawan yang koloni dan konidium yang merujuk pada Pitt dan Hocking (2009) 100 µl sampel pengenceran. Inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama 1-3 hari untuk bakteri dan 28°C selama 3-5 hari untuk jamur (Ilyas *et al.*, 2006) yang berperan dalam pengomposan. Isolat cendawan diidentifikasi melalui pengamatan miselium dan spora menggunakan mikroskop dengan pembuatan preparat di atas *object glass*.

Hasil dan Pembahasan

Perubahan Rasio C/N pada Perlakuan Penambahan *fly ash*

Bahan *fly ash* dan dolomit yang digunakan dalam penelitian ini tidak memiliki kandungan C-organik dan N (Zuhriansah, 2020; Zuhriansah *et al.*, 2020). Kandungan C-organik, N total dan rasio C/N dalam kompos ampas daun sereh wangi kontrol dan perlakuan disajikan pada Tabel 1. Bahan ampas daun sereh wangi (K) yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kandungan C-organik dan N masing-masing sebesar 39.98% dan 1.40% dan menghasilkan rasio C/N sebesar 29. Nilai pH rata-rata awal sebesar 7.5 untuk kompos kontrol dan perlakuan.

Perlakuan penambahan dolomit menurunkan kandungan C-organik dan meningkatkan N total dibandingkan dengan kontrol yang berdampak pada penurunan C/N rasio kompos. Dibandingkan dengan perlakuan dolomit, perlakuan *fly ash* 2-15% menghasilkan rasio C/N yang lebih tinggi. Meski begitu, pengomposan dengan penambahan *fly ash* menghasilkan C/N rasio yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Hasil tersebut berbeda dengan hasil penelitian pengomposan Lee *et al.* (2014) dan Ling *et al.* (2017) yang meningkatkan C/N rasio diakibatkan oleh total nitrogen yang lebih rendah daripada tanpa penambahan *fly ash*.

Tabel 1. Kandungan unsur hara pada perlakuan kompos ampas daun sereh wangi (*C. nardus* (L.) Rendl.)

Parameter	Perlakuan					
	K	D	FA1	FA2	FA3	FA4
C-organik (%)	39,98	38,00	40,57	40,01	40,74	35,98
N Total (%)	1,40	1,68	1,54	1,49	1,57	1,24
Rasio C/N	29	23	26	27	26	29

Keterangan: K= ampas daun sereh wangi kontrol, D= ampas daun sereh wangi + 2% dolomit, FA1= ampas daun sereh wangi + 2% *fly ash*, FA2= ampas daun sereh wangi + 5% *fly ash*, FA3= ampas daun sereh wangi + 10% *fly ash*, FA4= ampas daun sereh wangi + 15% *fly ash*.

Hanya perlakuan 15% *fly ash* yang menurunkan C-organik kompos, namun juga menurunkan N total dalam kompos yang menyebabkan menghasilkan rasio C/N lebih tinggi dari pada rasio C/N kompos pada perlakuan 2-10% *fly ash*, namun menghasilkan rasio C/N yang sama dengan kontrol. Penambahan *fly ash* 2-10% cenderung meningkatkan kandungan C-organik dengan nilai mencapai >40%, namun juga cenderung menaikkan N total dalam kompos sehingga rasio C/N lebih rendah daripada control, yaitu <29. Keseimbangan rasio C/N yang berkisar 25-30 dengan diimbangi kelembaban (55-65%) dan kandungan oksigen yang optimal sangat penting untuk mengoptimalkan aktivitas mikroba pengomposan yang pada akhirnya berpengaruh terhadap kualitas kompos dan fitotoksisitas yang dihasilkan (Lin *et al.*, 2022; Khyalia *et al.*, 2022; Azis *et al.*, 2023).

Mikroba Pengomposan pada Perlakuan Penambahan Fly Ash

Proses pengomposan ampas daun sereh wangi di semua perlakuan menunjukkan populasi bakteri lebih tinggi dibandingkan dengan jamur (Tabel 2). Hal ini sejalan dengan penelitian Cao *et al.* (2023) yang menunjukkan bahwa terjadi suksesi mikroba selama proses pengomposan. Penelitian Ogunlade *et al.* (2019) juga menunjukkan bahwa pada minggu 1-12 pengomposan, jumlah mikroba pengomposan cenderung mengalami penurunan tetapi selalu didominasi oleh bakteri. Komposisi bakteri pengomposan dapat mencapai 44% dari total mikroba pengomposan (Rebollido *et al.*, 2008).

Tabel 2. Jumlah total mikroba pengomposan ampas daun sereh wangi (*C. nardus* (L.) Rendl.)

Perlakuan	Jumlah populasi (CFU g ⁻¹)	
	Bakteri	Cendawan
K	3.9x10 ⁹	2.1x10 ⁸
D	4.8x10 ⁷	2.7x10 ⁸
FA1	6.4x10 ⁹	3.0x10 ⁸
FA2	6.0x10 ⁹	9.3x10 ⁶
FA3	3.0x10 ¹¹	2.6x10 ⁸
FA4	1.4x10 ⁹	5.4x10 ⁷

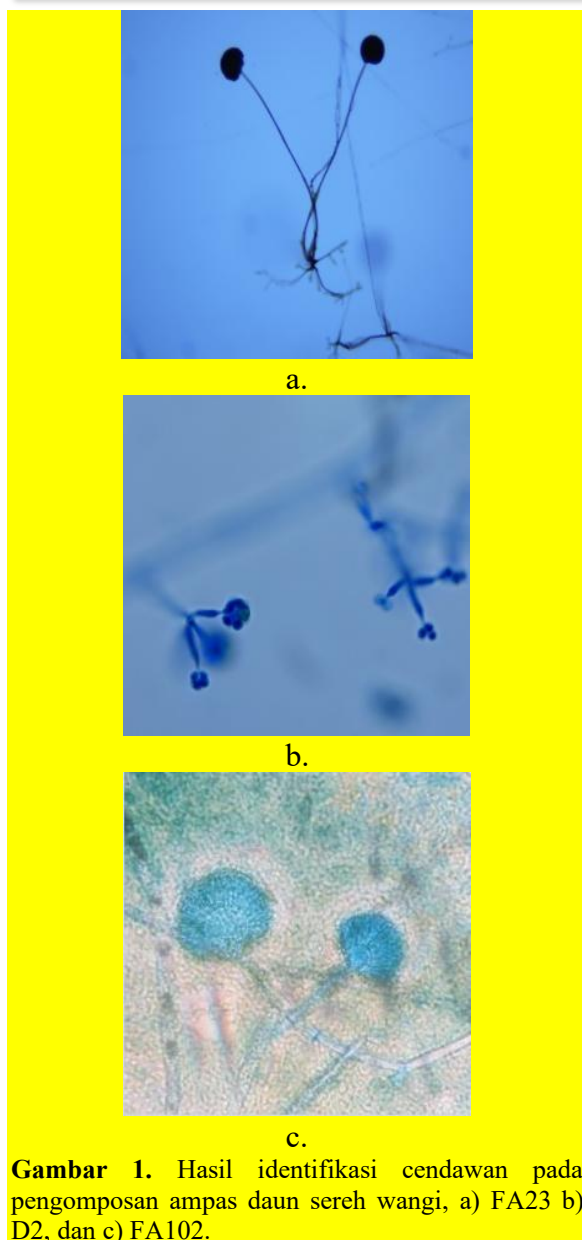
Keterangan: K= ampas daun sereh wangi kontrol, D= ampas daun sereh wangi + 2% dolomit, FA1= ampas daun sereh wangi + 2% fly ash, FA2= ampas daun sereh wangi + 5% fly ash, FA3= ampas daun sereh wangi + 10% fly ash, FA4= ampas daun sereh wangi + 15% fly ash.

Tanpa penambahan *fly ash* maupun dolomit, terdapat bakteri dan jamur pada ampas daun sereh wangi, yang berarti ampas sereh wangi sudah mengandung mikroba aktif untuk mendegradasi bahan organik di dalamnya (Tabel 2). Penambahan dolomit pada pengomposan ampas daun sereh wangi menurunkan populasi bakteri, sementara penambahan *fly ash* 5% menurunkan populasi cendawan jika dibandingkan dengan kontrol. Penambahan *fly ash* sebesar 15% sudah menghambat pertumbuhan mikroba dan menghasilkan populasi bakteri dan jamur paling rendah. Penambahan *fly ash* sebesar 15% ini memang menghasilkan gumpalan abu saat terkena air, seperti hasil penelitian Belyaeva dan Haynes (2009) yang melaporkan bahwa penambah *fly ash* membentuk gumpalan atau *pasty ash* yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* 2-10% masih dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pengomposan ampas sereh wangi, dibandingkan dengan dolomit yang menurunkan populasi bakteri. Hasil tersebut sejalan dengan hasil Li *et al.* (2023) yang menunjukkan *fly ash* tidak mengubah keragaman bakteri dalam keadaan kering, sehingga kelembaban 60% yang terbentuk selama proses pengomposan ampas daun sereh wangi ini juga berperan dalam pertumbuhan mikroba. Ling *et al.*, (2017) menjelaskan bahwa *fly ash* dapat digunakan untuk stimulan awal pertumbuhan mikroba, tetapi perlu dikontrol dalam hal jumlah yang ditambahkan. Hal serupa dilaporkan oleh Usmani *et al.* (2018) mengenai pengaruh positif *fly ash* terhadap perkembangan mikroba di fase awal pengomposan. *Fly ash* 10% merupakan dosis optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme pengomposan ampas sereh wangi karena menghasilkan jumlah bakteri pengomposan tertinggi.

Jenis Mikroba pada Pengomposan Ampas Daun Sereh Wangi

Hasil isolasi cendawan pengomposan ditemukan 3 cendawan yang teridentifikasi pada semua pengomposan, yaitu FA23, D2, dan FA102 (Gambar 1). Hasil identifikasi, cendawan FA23 merupakan *Rhizopus* sp., D2 merupakan *Trichoderma* sp., dan FA102 merupakan *Aspergillus* sp.. Cendawan *Rhizopus* sp., *Trichoderma* sp., dan *Aspergillus* sp. Tersebut teridentifikasi pada semua perlakuan pengomposan, menunjukkan bahwa ketiganya mampu bertahan hidup pada pengomposan ampas sereh wangi dengan penambahan *fly ash* hingga 15%. Temuan ini konsisten dengan penelitian Shrivastava *et al.* (2018) yang melaporkan keberadaan *Aspergillus* sp. dan *Rhizopus* sp. pada tanah yang tercemar *fly ash*, dengan dominasi *Aspergillus* sp. Selain pada ampas sereh wangi, ketiga jenis cendawan ini juga ditemukan pada berbagai limbah organik, seperti limbah padat bioetanol berbahan baku singkong (Suryani *et al.*, 2012), yang menunjukkan adaptabilitasnya terhadap berbagai substrat dan kondisi lingkungan.



Peran cendawan tersebut dalam pengomposan cukup signifikan. *Trichoderma* sp. dan *Aspergillus* sp. diketahui dapat mempercepat pematangan kompos, misalnya pada kompos campuran rumput dan feses sapi (Widawati, 2005), melalui produksi enzim-enzim pendegradasi bahan organik. Ketiga cendawan ini termasuk mikroba aerobik yang menghasilkan enzim selulase pada substrat Carboxyl Methyl Cellulose (CMC) dengan tingkat aktivitas yang bervariasi (Suryani *et al.*, 2012; Talantan *et al.*, 2018), serta memiliki kemampuan menguraikan lignin melalui enzim ligninase (Deacon, 2006; Kumar, 2011; Dogaris *et al.*, 2013). Aktivitas

selulolitik dan ligninolitik tersebut berperan penting dalam mempercepat dekomposisi bahan organik dan menurunkan rasio C/N, sehingga meningkatkan kualitas akhir kompos (Oktaviani *et al.*, 2024).

Kesimpulan

Fly ash sebagai bahan tambahan dalam pengomposan ampas daun sereh wangi mempengaruhi rasio C/N, dan jumlah mikroba. *Fly ash* 10% dapat menjadi aditif alternatif yang efektif dalam pengomposan ampas daun sereh wangi. Penambahan *fly ash* dapat meningkatkan kandungan nitrogen, sehingga dapat menurunkan rasio C/N hingga mencapai 26. Penambahan *fly ash* 10% dapat mendukung pertumbuhan bakteri pengomposan hingga mencapai 3.0×10^{11} CFU/g. Identifikasi cendawan menunjukkan keberadaan *Rhizopus* sp., *Trichoderma* sp., dan *Aspergillus* sp. yang berperan dalam degradasi bahan organik ampas daun sereh wangi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada SEAMEO BIOTROP, Bogor, PT Pemalang Agro Wangi, dan PT Trimegah Bangun Persada.

Referensi

- Asquer, C., Cappai, G., Carucci, A., De Gioannis, G., Muntoni, A., Piredda, M., & Spiga, D. (2019). Biomass ash characterisation for reuse as additive in composting process. *Biomass and Bioenergy*, 123, 186-194. DOI: 10.1016/j.biombioe.2019.03.001
- Azis, F. A., Choo, M., & Suhaimi, H. (2023). The effect of initial carbon to nitrogen ratio on kitchen waste composting maturity. *Sustainability*, 15, 1-18. DOI: doi.org/10.3390/su15076191
- Belyaeva, O. N., & Haynes, R. J. (2009). Chemical, microbial and physical properties of manufactured soils produced by co-composting municipal green waste with coal fly ash. *Bioresour Technol*, 100 (21), 5203–5209. DOI: 10.1016/j.biortech.2009.05.032.

- Bhatta, A., Priyadarshinia, S., Mohanakrishnana, A. A., Abria, A., Sattlera, M., & Techapaphawitc, S. (2019). Physical, chemical, and geotechnical properties of coal fly ash: A global review. *Case Studies in Construction Materials*, 11, 1-11. DOI: 10.1016/j.cscm.2019.e00263
- Bhattacharya, S. S., & Chattopadhyay, G. N. (2022). Increasing bioavailability of phosphorus from fly ash through vermicomposting. *Journal of Environmental Quality*, 31, 2116–2119. DOI: 10.2134/jeq2002.2116
- Cao, X., Williams, P. N., Zhan, Y., Coughlin, S. A., McGrath, J. W., Chin, J. S., & Xu, Y. (2023). Municipal solid waste compost: Global trends and biogeochemical cycling. *Soil & Environmental Health*, 1, 1-14. DOI: 10.1016/j.seh.2023.100038
- Daecon, J. (2006). *Fungal Biology 4th Edition*. Oxford (GB): Blackwell Publishing Ltd.
- Dogaris, I., Mamma, D., & Kekos, D. (2013). Biotechnological production of ethanol from renewable resources by *Neurospora crassa*: an alternative to conventional yeast fermentations?. *Appl. Microbio. Biotechnol.*, 97 (4), 1–29. DOI: 10.1007/s00253-012-4655-2.
- Gabhane, J., Prince William, S. P. M., Bidyadhar, R., Bhilawe, P., Anand, D., Vaidya, A. N. & Wate, S. R. (2012). Additives aided composting of green waste: Effects on organic matter degradation, compost maturity, and quality of the finished compost. *Bioresource Technology*, 114, 382–388. DOI: 10.1016/j.biortech.2012.02.040
- Gobel, A. P. (2018). Efektifitas pemanfaatan fly ash batubara sebagai adsorben dalam menetralsir air asam tambang pada settling pond penambangan banko PT. Bukit Asam (Persero), TBK. *JMEL*, 2 (1), 1–11. DOI: 10.31315/jmel.v2i1.2113
- Ilyas, M., Rahmansyah, M., & Kanti, A. (2006). *Seri Panduan: Teknik Isolasi Fungi*. Bogor, Indonesia.
- Jackson, B. P., Miller, W. P., Schumann, A. W., & Sumner, M. E. (1999). Trace element solubility from land application of fly ash/organic waste mixtures. *J. Environ. Qual.*, 28, 639-647. DOI: 10.2134/jeq1999.00472425002800020030x
- Karwal, M., & Kau, A. (2020). Co-composting and vermicomposting of coal fly-ash with press mud: Changes in nutrients, micro-nutrients and enzyme activities. *Environmental Technology & Innovation*, 18, 1-15. DOI: 10.1016/j.eti.2020.100708
- Khyalia, P., Dangi, J., Barapatre, S., Dhania, G., Laura, J. S., & Nandal, M. (2022). Comparative analysis of compost quality produced from fungal consortia and rice straw by varying C/N ratio and its effect on germination of *Vigna radiata*. *Nature Environment and Pollution Technology*, 21 (3), 1235-1242. DOI: 10.46488/NEPT.2022.v21i03.029
- Kumar, S. (2011). Composting of municipal solid waste. *Critical Reviews in Biotechnology*, 31 (2), 112–136. DOI: 10.3109/07388551.2010.492207
- Kurniawati, N., & Priyadi. (2021a). Dampak aplikasi fly ash dari pembangkit listrik di PT. Great Giant Pineapple-Lampung terhadap aktivitas biologi tanah di lahan marginal. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 23 (1), 9-14. DOI: 10.31186/jipi.23.1.9-14
- Kurniawati, N., & Priyadi. (2021b). Pengaruh aplikasi abu terbang dan pupuk kotoran sapi terhadap populasi mikroorganisme di tanah ultisol. *Agriprima*, 5 (1): 41–49. Doi: 10.25047/agriprima.v5i1.406
- Lee, C. H., Park, S. J., Kim, M. S., Yun, S. K., & Sonn, Y. K. (2014). Effects of coal fly ash as a bulking agent under co-composting with swine manure and saw dust. *Korean J. Soil Sci. Fert.*, 47 (5), 356-361. DOI: 10.7745/KJSSF.2014.47.5.356
- Li, Z., Jin, D., Bo, H., Wang, W., Zhang, B., Zhang, W., Zhang, Q., Wang, H., Wang, H., Feng, M., & Li, H. (2023). Long-term deposit of fly ash regulate bacterial communities in different disturbance zones: Evidence from diversity, network complexity and predictive metabolic function. *Science of The Total Environment*, 888, 1-27. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.164244
- Lin, C., Cheruiyot, N. K., Bui, X. T., & Ngo, H. H. (2022). Composting and its application in bioremediation of organic

- contaminants. *BIOENGINEERED*, 13 (1), 1073-1089. DOI: 10.1080/21655979.2021.2017624
- Ling, J., Zhang, H., Husain, T., & Kazemi, K. (2017). Feasibility study of potential use of pulp and paper mill fly ash as a co-composting material. *Int. J. Environ. Sci. Nat. Res.*, 5 (5) 167-173. DOI: 10.19080/IJESNR.2017.05.555675
- Nugraha, N., Aviasti, A., Mulyati, D.S., Amaranti, R., Nursagita, C., & Maulana, I. T. (2019). Economics Feasibility Analysis of Fragrant Lemongrass (*Andropogon nardus*) Cultivation and Distillation System (Case study in Ganunghalu and Rongga sub-district, Bandung Barat Regency). *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 409, 92-97. DOI: 10.2991/assehr.k.200225.020
- Nugroho, S. A., Zulnasari, A., Fatnanta, F., & Putra, A. D. (2022). Mechanical behavior of clay soil stabilized with fly ash and bottom ash. *Makara Journal of Technology*, 26 (1), 1-7. DOI: 10.7454/mst.v26i1.1444
- Ogunlade, M. O., Bello, O. S., Agbeniyi, S. O., & Adeniyi, D. O. (2019). Microbiota assay of cocoa pod husk – based compost as organic fertilizer. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8 (3), 3182-3192. DOI: 10.20546/ijemas.2019.806.380
- Oktaviani, M., Kamaluddin, N. N., & Simarmata, T. (2024). Enhancing the composting process and quality of oil palm empty fruit bunches (EFB) using indigenous cellulolytic microbes: A review. *International Journal of Life Science and Agriculture Research*, 03 (04), 274-283. Doi: 10.55677/ijlsar/V03I4Y2024-09
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). *Fungi and Food Spoilage: Third Edition*. New York (US): Springer Publishing.
- Raletsena, M. V., & Mongalo, N. I. (2024). The possible application of fly ash (FA) to ameliorate acid mine water (AMD) for irrigation of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Heliyon*, 10 (11), 1-14. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e32079
- Rebollido, R., Martínez, J., Aguilera, Y., Melchor, K., Koerner, I., & Stegmann, R. (2008). Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. *Applied Ecology and Environmental Research*, 6 (3), 61-67.
- Roy, G., Iftikar, W., & Chattopadhyay, G. N. (2022). Effect of moisture status on vermicomposting of organic waste amended fly ash. *The Journal of Solid Waste Technology and Management*, 48 (3), 401-407. Doi: 10.5276/JSWTM/2022.401
- Siswati, S., Pratama, H., & Giatman, M. (2023). Adsorption using fly ash from stam power plants for acid mine drainage treatment. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 1173, 1-8. DOI: 10.1088/1755-1315/1173/1/012040
- Shrivastava, S., Mahish, P. K., & Ghritlahare, A. (2018). Effect of industrial fly ash on the growth of some crop field soil fungi adapted with ash content. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 11 (1), 203-207. DOI: 10.30954/0974-1712.2018.00178.26
- Suryani, Y., Andayaningsih, P., & Hernaman, I. (2012). Isolasi dan identifikasi jamur selulolitik pada limbah produksi bioetanol dari singkong yang berpotensi dalam pengolahan limbah menjadi pakan domba. *ISTEK*, 6 (1-2), 1-10.
- Talantan, V. M., Marina, Lambui, O., & Suwastika, I. N. (2018). Uji aktivitas selulase dari jamur selulolitik asal Tanah Danau Kalimpa'a Sulawesi Tengah. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 7 (3): 323-333.
- Tantermisrikul, S., Saengsoy, W., Kaewmanee, K., Julnipitawong, P., & Samranwanich T. (2022). Toward effective utilization of fly ash and multi-binder system with fly ash in concrete. *Journal of Physics Conference Series*, 2521, 1-10. DOI: 10.1088/1742-6596/2521/1/012002
- Ukwattage, N. L., Lakmali, U. V., & Ranjith, P. G. (2021). Soil and plant growth response and trace elements accumulation in sweet corn and snow pea grown under fresh and carbonated coal fly ash amendment. *Agronomy Journal*, 113 (4), 2-30. DOI: 10.1002/its2.20711.
- Usmani, Z., Kumar, V., Rani, R., Gupta, P., & Chandra, A. (2018). Changes in physico-chemical, microbiological and

- biochemical parameters during composting and vermicomposting of coal fly ash: a comparative study. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16 (3). Doi: 10.1007/s13762-018-1893-6
- Widawati, S. (2005). Daya pacu aktivator fungi asal Kebun Biologi Wamena terhadap kematangan hara kompos, serta jumlah mikroba pelarut fosfat dan penambat nitrogen. *BIODIVERSITAS*, 6 (4), 238-241. DOI: 10.13057/biodiv/d060404
- Zuhriansah, A. L. (2020). *Pemanfaatan Fly Ash sebagai Bahan Campuran Alternatif dalam Pengomposan*. Bogor: IPB University.
- Zuhriansah, A. L., Mansur, I., & Budi R., S. W. (2020). Pengaruh Kompos Campuran Ampas Daun Sereh Wangi dengan Abu Terbang terhadap Pertumbuhan *Cananga Odorata*. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 16 (2), 93-107. DOI: 10.30556/jtmb.Vol16.No2.2020.1077