



Pengaruh Aplikasi Abu Terbang dan Pupuk Kotoran Sapi terhadap Populasi Mikroorganisme di Tanah Ultisol

The Effect of Fly Ash and Cow Manure Application on Microorganism Populations in Ultisol Soils.

Author(s): Nurleni Kurniawati⁽¹⁾; Priyadi^{(1)*}

⁽¹⁾ STIPER Dharma Wacana

* Corresponding author: priyadigege@gmail.com

Submitted: 18 Jan 2021

Accepted: 15 Feb 2021

Published: 31 Mar 2021

ABSTRAK

Ultisol tergolong tanah kering masam yang paling luas di Indonesia tetapi minim dimanfaatkan untuk bidang pertanian. Hal ini karena kandungan Al yang tinggi, kurangnya unsur hara, dan rendahnya nilai pH, sehingga perlu dilakukan perbaikan kondisi tanah. *Fly ash* dan pupuk kotoran sapi merupakan bahan yang dapat digunakan sebagai pembenah tanah ultisol. *Fly ash* merupakan limbah pembakaran batu bara dengan kandungan unsur hara dan dapat menaikkan pH tanah. Pupuk kotoran sapi mengandung unsur hara yang berperan dalam memperbaiki sifat biologi, kimia, dan fisika tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan populasi mikroorganisme tanah dengan penggunaan *fly ash* dan pupuk kotoran sapi sebagai pembenah tanah ultisol. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap yang disusun secara Faktorial dengan 3 ulangan sehingga terdapat 36 satuan percobaan. Faktor pertama adalah dosis *fly ash* dan faktor kedua adalah dosis pupuk kotoran sapi. Variabel pengamatan berupa (total fungi, total bakteri, dan unsur kimia tanah). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan pembenah tanah berupa *fly ash* dan pupuk kotoran sapi dapat mempengaruhi populasi mikroorganisme tanah dan sifat kimia pada tanah ultisol. Populasi mikroorganisme tertinggi didapatkan pada dosis *fly ash* 100 t/ha dengan total populasi bakteri $7,6 \times 10^5 \pm 1,78$ Log CFU /g dan populasi fungi $17,8 \times 10^7 \pm 1,29$ Log CFU /g. Sedangkan dosis pupuk kandang sapi 10, 20, 30 t/ha tidak berbeda nyata pada variabel yang diamati. Penggunaan dosis *fly ash* 150 t/ha meningkatkan pH tanah mencapai 7,29, kandungan N 0,08%, P 52,36 mg/kg, K 26,48 mg/kg, dan C-Organik sebesar 1,12 %.

Kata Kunci:

Abu terbang;
bakteri;
fungi;
pupuk kotoran sapi;
kimia tanah.

ABSTRACT

Keywords:

Bacteria;
cow manure;
fly ash;
fungi;
soil chemical.

Ultisol is a marginal soil in Indonesia but its minimally utilized for agriculture. It is characteristic the high Al, low pH value and low soil content, so it needs to improve soil conditions. Fly ash and cow manure are materials that can be used for repairing ultisol soil. Fly ash is a coal combustion waste containing nutrients that can be used to improve the soil. Cow manure has a nutrient tha improve soil biological, chemical and physical properties. This study to determine the population of the soil due to the application of fly ash and cow manure on marginal soils. The experiment was conducted using a completely randomized block design in a factorial. The first factor is the dosage level of fly ash and the second factor is the dose of cow manure. The results showed that the use of fly ash and cow manure as soil amendments affected the population of soil microorganisms and soil chemical properties of ultisol. The highest microorganism population was obtained at a dose of fly ash 100 t/ha with a total bacterial population of $7,6 \times 10^5 \pm 1,78$ Log CFU /g and a fungal population of $17,8 \times 10^7 \pm 1,29$ Log CFU /g. While the doses of cow manure 10, 20, 30 t/ha were not significantly different in the observed variables. The use of fly ash dosage of 150 t/ha increased soil pH to 7.29, N content 0.08%, P 52.36 mg/kg, K 26.48 mg/kg, and Organic C by 1.12%.



PENDAHULUAN

Luas lahan kering masam sekitar 108,8 juta Ha atau sekitar 69,4% dari total lahan kering di Indonesia dengan jenis tanah ultisol yang mendominasi lahan tersebut Mulyani & Sarwani, (2013). Tanah ultisol minim dimanfaatkan untuk bidang pertanian karena memiliki karakteristik kandungan Al yang tinggi, kurangnya unsur hara, dan rendahnya nilai pH. Perlu dilakukan adanya perbaikan kondisi tanah agar lahan tersebut dapat dimanfaatkan guna mengatasi alih fungsi lahan pertanian untuk pemukiman penduduk. Perbaikan kondisi tanah atau pembenah tanah pada jenis tanah masam tersebut dapat dilakukan adanya pengapuran atau penambahan bahan organik.

Fly ash merupakan residu akhir dari pembakaran batubara yang mengandung mineral yang tidak sepenuhnya terbakar (Basu et. al., 2009). Limbah tersebut dihasilkan oleh industri besar yang setiap tahunnya semakin meningkat, tetapi penanganannya masih terbatas dan bahkan menimbulkan masalah lingkungan seperti pencemaran udara, perairan dan penurunan kualitas ekosistem (PERMENLHK, 2020). Disisi lain, *fly ash* dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Kandungan *fly ash* berupa P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, Co, B dan Mo telah banyak dimanfaatkan diberbagai negara dan sektor, seperti sektor pembangunan dan pertanian pada negara Jepang, India, Indonesia, Uni Emirat Arab, dan negara berkembang lain (Bhatt et al., 2019); (Febriana et. al., 2021); (Basu et al., 2009); (Sharma & Kalra, 2006). Penggunaan *fly ash* pada bidang pertanian dapat meningkatkan ketersediaan P dalam tanah (Kohli & Goyal, 2010). Pemberian abu terbang (*fly ash*) mengandung K, N, Zn, Ca dan Mg yang dapat meningkatkan hasil pertanian (Kishor et. al., 2010).

Pupuk kotoran sapi merupakan bahan organik yang dapat digolongkan sebagai pembenah tanah. Bahan organik tersebut dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Kandungan unsur hara makro pupuk kotoran sapi meliputi N, P, K, Ca, Mg dan S dan unsur hara mikro Zn, Cu, Mo, Co, B, Mn dan Fe. Kompos mengandung banyak unsur hara mikro seperti Mg, Co, Fe, N, P, dan K, dan dapat mempengaruhi ketersediaan air (Donn et al., 2014). Kandungan kotoran sapi yang dikomposkan mengandung N 1,4%, P 1,6%, K 0,8% dengan total bakteri $49,75 \times 10^4$ CFU /mL dan fungi $38,16 \times 10^{11}$ CFU /mL menggunakan metode *total plate count* (TPC) (Novia et al., 2019). Penggunaan bahan organik mampu meningkatkan populasi mikroorganisme tanah dan sifat fisik-kimia seperti tanah pH, total karbon, P tersedia dan kapasitas tukar kation (Wicaksono et. al., 2015). Berdasarkan uraian tersebut perlu dilakukan penelitian penggunaan *fly ash* dan kompos kotoran sapi sebagai pembenah tanah ultisol dengan mengetahui populasi mikroorganisme tanah dan kandungan kimia tanah.

METODOLOGI

Penelitian ini telah dilaksanakan pada Juni 2020, di Kebun Percobaan Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Dharma Wacana Metro yang berlokasi di Jalan Budi Utomo Kecamatan Metro Selatan Kota Metro Provinsi Lampung. Alat meliputi pot penelitian dengan volume 5 kg, timbangan digital, pengayak tanah, alat analisis unsur kimia tanah Spektrofotometer model ICP EOS 715ES, *autoclave*, inkubator, *laminar air flow*, *coloni counter*, dan alat-alat gelas. Bahan penelitian meliputi *fly ash*, pupuk kotoran sapi, media tanam tanah ultisol, media *Potato Dextrose Agar* (PDA), media *Nutrient Agar* (NA), alkohol, dan aquades.

Penelitian menggunakan metode eksperimen menggunakan Rancangan

Acak Kelompok Lengkap secara Faktorial dengan 3 ulangan. Sehingga terdapat 36 pot percobaan masing-masing berukuran volume 5 kg tanah. Faktor pertama adalah level dosis *fly ash* (F) yaitu $f_0 = 0$ g/pot (0 t/ha), $f_1 = 75$ g/pot (50 t/ha), $f_2 = 150$ g/pot (100 t/ha), dan $f_3 = 225$ g/pot (150 t/ha) dan faktor kedua adalah dosis pupuk kotoran sapi dengan tiga taraf yaitu $c_1 = 15$ g/pot (10 t/ha), $c_2 = 30$ g/pot (20 t/ha), dan $c_3 = 45$ g/pot (30 t/ha).

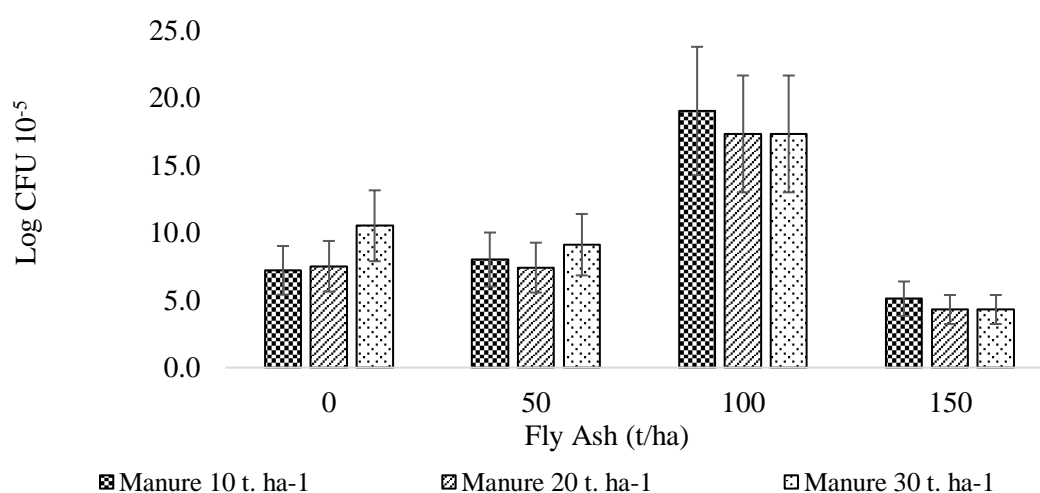
Variabel analisis pada tanah ultisol meliputi total bakteri, total fungi, analisis kimia tanah (pH, C-organik, N-total, P-tersedia, K). Data yang diperoleh dianalisis standar deviasi menggunakan *software microsoft excel*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keberadaan mikroba pada tanah dipengaruhi oleh kondisi fisik, kimia, dan biologi tanah. Produktivitas dan daya dukung tanah tergantung pada aktivitas mikroorganisme tersebut. Sebagian besar mikroorganisme tanah memiliki berbagai peranan seperti menghancurkan limbah organik, siklus hara tanaman, fiksasi nitrogen, pelarut posfat, merangsang

pertumbuhan, biokontrol patogen, dan membantu penyerapan unsur hara. Menurut Geoffrey, (2010) mikroorganisme tanah dapat menentukan kelarutan, mobilitas, dan ketersediaan logam bagi tumbuhan dengan mengubah nilai pH di lingkungan mikro tanah, spesiasi logam, dan mengekskresikan senyawa pengkkelat logam. Keseimbangan komunitas mikroba dapat meningkatkan efisiensi pemupukan sehingga produktivitas ekosistem optimum. Dengan diketahuinya kandungan C, N, P, S, dan mikroba dalam tanah dapat digunakan untuk mengukur dinamika hara (Nanipieri et al., 2017).

Perubahan kimia tanah dengan adanya penambahan *fly ash* ke dalam tanah mempengaruhi terjadinya perubahan populasi mikroorganisme. Populasi mikroorganisme tanah meliputi total bakteri, total fungi, yang akan berbanding lurus dengan aktivitas biologi tanah, jika total mikroorganisme tinggi maka aktivitas mikroorganisme juga semakin tinggi (Priyadi et. al., 2018).



Gambar 1. Total Bakteri Tanah Terhadap Aplikasi *Fly Ash* dan Pupuk Kotoran Sapi.
 Figure 1. Total of Soil Bacteria on *Fly Ash* and Cow Manure Application.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (Gambar 1) bahwa populasi bakteri

pada tanah ultisol dipengaruhi oleh penggunaan *fly ash* dan pupuk kotoran

sapi berbagai dosis. Penambahan *fly ash* berdampak pada meningkatnya total bakteri. Peningkatan populasi tertinggi terjadi pada penambahan *fly ash* 100 t/ha sebanyak 7,05% dibanding dengan tanpa *fly ash* dan 50 t/ha. Hal ini diduga karena adanya penambahan nutrisi, perbaikan sifat fisik, kimia tanah dari *fly ash*. Sedangkan dampak kimia dan biologi dari pembenah tanah dengan *fly ash* yaitu terjadi dari mobilitas ion kalsium dan hidroksida yang meningkat karena fluktuasi pH. Menurut Sharma & Kalra, (2006) menyatakan bahwa penggunaan *fly ash* berpengaruh terhadap peningkatan pH dan unsur Se, B, Mo, Al. Sejalan dengan Arthur et. al., (1984) penerapan *fly ash* hingga 100 t/ha di tanah dapat meningkatkan aktivitas bakteri tanah heterotropik, dan penerapan dosis lebih tinggi 400 s.d 700 t/ha dapat menurunkan mikroorganisme tanah. Diketahui penggunaan *fly ash* 10% menghasilkan populasi bakteri, aktivitas enzim dehidrogenase dan biomassa mikroba tanah yang tinggi dibanding dengan dosis lainnya (Kohli & Goyal, 2010). Penelitian Gaind & Gaur, (2004) diketahui *A. chroococcum*, *A. brasilense*, *P. striata* dan *B. circulans* menunjukkan pertumbuhan yang maksimal pada kombinasi aplikasi *fly ash* (1:1). Menurut Chetstowski et. al., (2014), dosis 50 - 800 mg/ha yang diberikan pada tanah meningkatkan pertumbuhan bakteri *capitrophic* 300% dan bakteri golongan actinomycetes sebesar 40%.

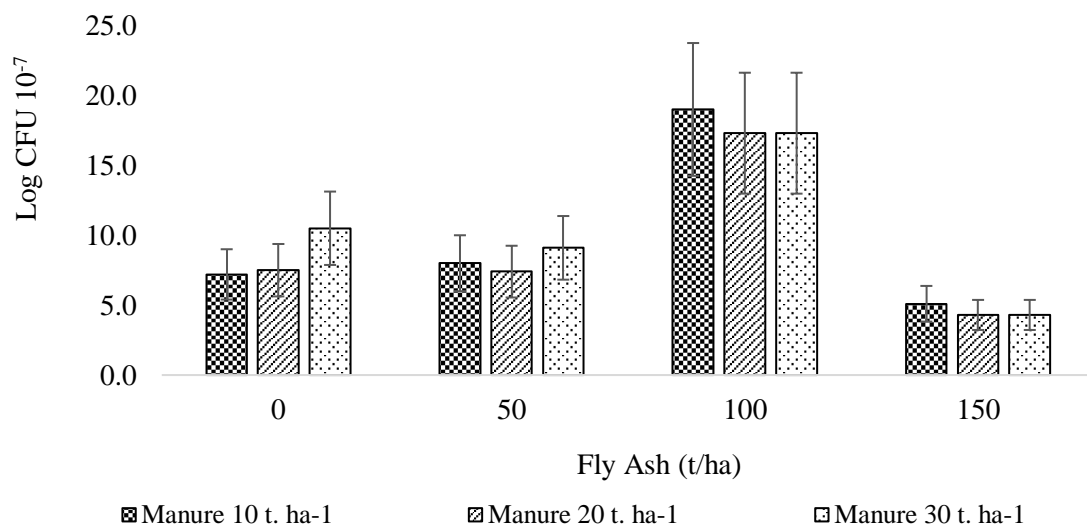
Populasi bakteri dapat dipengaruhi juga oleh kandungan logam yaitu Pb yang terdapat pada *fly ash*. Diketahui transfonnsasi logam berbahaya, seperti Pb (II) dapat terjadi pada bakteri *Escherichia coli* dan *Pseudomonas putida*. Bakteri tersebut menggunakan berbagai ion-ion logam teroksidasi seperti sebagai akseptor elektron tenninal dan menghasilkan senyawa polimer ekstraseluler (*Extracellular Polymeric Substances*)

yaitu polisakarida, protein, asam nukleat, dan fosfolipida. Senyawa polimer ekstraseluler berperan pada proses adhesi antarsel, adaptasi lingkungan dari ancaman, dan penguraian senyawa pencemar pada sekitar sel (Pal & Paul, 2008). Genus *Paenibacillus* memiliki senyawa polimer ekstraseluler yang dapat mengikat ion Cu^{2+} , ion-ion Pb^{2+} , Cd^{2+} . Oleh karena itu penggunaan *fly ash* pada berbagai dosis pada tanah ultisol memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap mikroorganisme seperti halnya populasi bakteri antara lain actinomycetes.

Penggunaan bahan organik seperti pupuk kotoran sapi pada ultisol bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Diketahui melalui grafik standar eror bahwa aplikasi pupuk kotoran sapi berbagai dosis 10, 20, 30 t/ha tidak memiliki nilai eror yang berbeda jauh terhadap populasi mikroorganisme, nilai eror yaitu $\pm 0,06-1,82$ pada bakteri dan $\pm 0,25-2,05$ untuk fungi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berbagai peningkatan dosis pupuk kotoran sapi memberikan peningkatan yang berbeda-beda. Peningkatan populasi mikroorganisme tertinggi terjadi pada dosis pupuk kotoran sapi 20 t/ha dengan total populasi bakteri $7,6 \times 10^5 \pm 1,78$ Log CFU /g dan populasi fungi $17,8 \times 10^7 \pm 1,29$ Log CFU /g pada dosis pupuk kotoran sapi 30 t/ha, sedangkan populasi terendah pada dosis 10 t/ha yaitu bakteri $1,7 \times 10^5 \pm 0,1$ Log CFU /g dan fungi $4,5 \times 10^7 \pm 0,75$ Log CFU /g. Pupuk kotoran sapi dapat meningkatkan biomassa mikroba (bakteri dan jamur tanah). Pupuk kotoran sapi sapi memiliki total fungi lebih tinggi dibanding jumlah bakteri heterotrofik. Hasil penelitian Dijkstra et. al., (2009) menemukan pada isolasi bakteri di pupuk kotoran sapi yaitu *Klebsiella spp.*, *E. coli*, *Serratia sp.*, *P. aeruginosa*, *Salmonella spp.*, *Shigella sp.*, Sedangkan jamur yaitu *Rhizopus stolonifer*, *A. niger*, *Rhodotorula spp.*, *A. flavus*.

Peningkatan total biomassa mikroorganisme dapat disebabkan karena karbon dan unsur hara lain yang terdapat di pupuk kotoran sapi. Hasil penelitian Das et. al., (2017) melaporkan bahwa pupuk kotoran meningkatkan keanekaragaman mikroorganisme *copiotrophic* seperti *Betaproteo bacteria*, *Alphaproteo bacteria*, dan *Firmicutes* dengan spesies yang dominan yaitu *P. oryza*, *A. zaeae*, *C. alkalicellulosi*, *A.*

halopraeferens, *C. caenicola*, *C. termitidis*, *C. cellulolyticum*, *A. rugosum*, *M. magnetotacticum*, *P. comonicomonovasillum*, dan fungi pendegradasi selulosa, hemiselulosa, dan lignin. diketahui bahwa hasil isolasi pada pupuk kandang sapi Palu lokal terdapat beberapa jenis pengurai mikroba yaitu *Lactobacillus sp*, *Actinomycetess pub*, dan *Aspergillus sp* (Idham et. al., 2016)



Gambar 2. Total Fungi Tanah Terhadap Aplikasi Fly Ash dan Pupuk Kotoran Sapi.
 Figure 2. Total of Soil Fungi on Fly Ash and Cow Manure Application.

Gambar 2 menyatakan berbagai dosis fly ash mempengaruhi pertumbuhan fungi. Secara umum penggunaan fly ash dapat meningkatkan populasi fungi. Diketahui bahwa penggunaan dosis fly ash pada 50 t/ha pada tanah ultisol terus meningkatna populasi fungi, dan peningkatan tertinggi terjadi pada 100 t/ha peningkatan total fungi mencapai 137,33 % jika dibandingkan dengan kontrol. Terjadi penurunan total fungi pada dosis 150 t/ha. Peneliti Gaid & Gaur, (2004) melaporkan bahwa penggunaan fly meningkat populasi fungi 380×10^{-4} /g dengan komposisi tanah dan fly ash 1:1. Pada dosis fly ash 150 t/ha terjadi penghambatan total fungi. Hal ini diduga karena kandungan pada fly ash seperti logam, tingginya nilai pH serta dan

salinitas residu fly ash. Menurut Chetstowski et al. (2014) aplikasi fly ash 400 mg/ha meningkatkan populasi fungi 139% dan pada dosis 800 mg/ha meningkatkan 45% lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol. Mikroorganisme tanah mampu mempengaruhi lingkungannya sehingga berdampak pada tanaman dengan cara meningkatkan kelarutan, mobilitas, dan ketersediaan logam melalui pengubahan pH, spesiasi logam, dan pengeluaran (excretion) senyawa pengkhelet logam (Anderson & Domsch, 1993).

Menurut Shrivastava et. al., (2018), hasil isolasi jamur dari lahan yang tercemar fly ash mencapai 9 spesies dan terdapat 4 spesies yang mendominasi seperti *A. niger*, *C. lunata*, *P.*

chrysogenum, *Penicillium sp.* and *Rhizopus sp.* Diketahui bahwa *A. niger*, *A. aculeatus*, *A. carbonarius* *C. lunata*, *P. c5 hrysogenum*, *Penicillium sp.*, *T. viride*, dan *R. stolonifera* merupakan fungi yang dapat memperbaiki sifat kimia tanah yang kaya logam termasuk Pb dan aluminium (Makut & Ade-ibijola, 2012). Analisis komunitas asam lemak menunjukkan peningkatan populasi jamur, termasuk jamur mikoriza arbuskular. Dengan demikian, diketahui tingginya populasi total fungi yang dapat tumbuh pada tanah ultisol, maka dapat dijadikan indikator

Tabel 1. Sifat Kimia Tanah Akibat Aplikasi Limbah *Fly Ash* dan Pupuk Kotoran Sapi.

Table 1. Soil Chemical Properties of *Fly Ash* and Cow Manure Applications.

Fly Ash (t/ha)	Variabel Pengamatan				
	pH (H ₂ O)	N-Kjeldahl (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	C-Org (%)
0	6,65±0,19	0,07±0,02	31,87±3,86	19,59±1,19	0,63±0,21
50	6,85±0,23	0,06±0,01	37,47±5,06	23,37±6,90	0,93±0,15
100	7,33±0,21	0,07±0,02	44,27±7,92	19,06±8,05	0,98±0,06
150	7,29±0,19	0,08±0,02	52,36±9,47	26,48±3,58	1,12±0,17

Meningkatnya nilai pH disebabkan adanya kandungan pada *fly ash* yang bersifat basa yaitu Ca dan Mg. Menurut Pandey & Singh, (2010) *fly ash* batubara merupakan material kompleks yang dapat meningkatkan pH tanah dan berfungsi seperti bahan kapur serta kaya akan silika. Selain itu penggunaan *fly ash* dapat meningkatkan kandungan tanah P, K, B, Ca, Mg, Mn, Zn, karbonat, bikarbonat, dan sulfat (Khan & Singh, 2001).

Hasil penelitian Tabel 1 diketahui bahwa terjadi peningkatan unsur N, P, dan K. Hal ini dikarenakan adanya tambahan unsur-unsur tersebut yang terkandung di dalam *fly ash*. Diketahui bahwa terjadi peningkatan kandungan N P, dan K paling tinggi pada penambahan dosis *fly ash* 150 t/ha. Menurut (Mittra et. al., 2003) penggunaan *fly ash* dengan dosis 10 t/ha yang dikombinasikan dengan pupuk kotoran dapat meningkatkan hasil padi dan kacang tanah dengan menghemat penggunaan pupuk N,P, dan K. Penambahan *fly ash* yang merupakan hasil

bahwa kehidupan mikroorganisme masih berlangsung.

Pada Tabel 1 menunjukkan hasil analisis kimia kombinasi limbah *fly ash* dan pupuk kotoran sapi bahwa terjadi peningkatan sifat kimia tanah meliputi pH, N, P, K dan C organik. Semakin tinggi dosis *fly ash* maka semakin tinggi peningkatan terhadap semua sifat kimia tanah kecuali variabel pH. Pada variabel pH terjadi penurunan pada dosis 150 t/ha dibandingkan dosis 100 t/ha namun tidak signifikan yaitu 0,14 %.

pembakaran batubara menunjukkan hasil positif pada tanah asam dan netral dalam hal peningkatan adsorpsi P dan meningkatkan retensi P. Dengan diketahui bahwa terjadi peningkatan pH tanah masam jerapan P akan menurun dan meningkatkan ketersediaannya bagi tanaman. Disisi lain, silika diketahui dapat menurunkan jerapan P, menggantikan P dari kompleks pertukaran, dan meningkatkan ketersediaan P. Menurut Hermawan et. al., (2013) bahwa penambahan kotoran ayam 75% dan *fly ash* 25% dapat meningkatkan jerapan P dan ketersediaan P pada tanah. Menurut Kishor et al., (2010) dengan tingginya konsentrasi K, N, Zn, Ca dan Mg yang terdapat pada *fly ash* dapat meningkatkan hasil pertanian.


KESIMPULAN

Penggunaan bahan pembenah tanah berupa *fly ash* dan pupuk kotoran sapi dapat mempengaruhi populasi mikroorganisme tanah dan sifat kimia


pada tanah utisol. Populasi mikroorganisme tertinggi didapatkan pada dosis *fly ash* 100 t/ha dengan total populasi bakteri $7,6 \times 10^5 \pm 1,78$ Log CFU /g dan populasi fungi $17,8 \times 10^7 \pm 1,29$ Log CFU /g. Penggunaan berbagai dosis pupuk kandang sapi 10, 20, 30 t/ha tidak berbeda pada variabel yang diamati. Penggunaan dosis *fly ash* 150 t/ha meningkatkan pH tanah mencapai 7,29, kandungan N 0,08%, P 52,36 mg/kg, K 26,48 mg/kg, dan C-Organik sebesar 1,12 %.

DAFTAR PUSTAKA


Anderson, T. ., & Domsch, K. . (1993).

 The metabolic quotient for CO₂ (q CO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as ph, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 25(3), 393–395.


Arthur, M. F., Zwick, T. C., Tolle, D. A.,

 & Voris, P. Van. (1984). Effects of fly ash on microbial CO₂ evolution from an agricultural soil. *Water, Air, and Soil Pollution*, 22, 209–211.


Basu, M., Pande, M., Bhadoria, P. B. S.,

 & Mahapatra, S. C. (2009). Potential fly-ash utilization in agriculture: A global review. *Prog. Nat. Sci.*, 19(10), 1173–1186.


Bhatt, A., Priyadarshini, S., Acharath, A.,

 Abri, A., Sattler, M., & Techapaphawit, S. (2019). Physical, chemical, and geotechnical properties of coal fly ash: A global review. *Case Studies in Construction Materials*, 11, e00263.


Chetstowski, A., Chieko, Z., & Borowik,

 A. (2014). Effect of coal ash on the microbial and enzymatic activity in soil. *Agroekologia-Artyku*, 2, 32–36.


Das, S., Jeong, S. T., Das, S., Kim, P. J.,

 & Norton, J. M. (2017). Composted Cattle Manure Increases Microbial Activity and Soil Fertility More Than Composted Swine Manure in a Submerged Rice Paddy. *Front. Microbiol.*, 8, 1–10.


Dijkstra, F. A., Bader, N. E., Johnson, D.

 W., & Cheng, W. (2009). Soil Biology & Biochemistry Does accelerated soil organic matter decomposition in the presence of plants increase plant N availability? *Soil Biology and Biochemistry*, 41(6), 1080–1087.


Donn, S., Wheatley, R. E., Mckenzie, B.

 M., Loades, K. W., & Hallett, P. D. (2014). Improved soil fertility from compost amendment increases root growth and reinforcement of surface soil on slopes. *Ecological Engineering*, 71, 458–465.


Febriana, S., Priyadi, & Taisa, R. (2021).

 Pengaruh Aplikasi Abu Terbang Batubara dan Pupuk Kandang Sebagai Bahan Amelioran Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kangkung (*Ipomea Reptans Poir.*). *J. Agrotek. Tropika*, 9(1), 161–169.


Gaind, S., & Gaur, A. C. (2004).

 Evaluation of fly ash as a carrier for diazotrophs and phosphobacteria. *Biomass and Bioenergy*, 95, 187–190.

Geoffrey, M. . (2010). Metals, minerals

 and microbes: geomicrobiology and bioremediation. *Microbiology*, 156, 609–643.

Hermawan, A., Sabaruddin, Marsi, &

 Hayati, R. (2013). Status Jerapan dan Ketersediaan P Abu Terbang Batubara Akibat Penambahan

- Kotoran Ayam. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal "Intensifikasi Pengelolaan Lahan Suboptimal Dalam Rangka Mendukung Kemandirian Pangan Nasional,"* 245–255.
- Idham, Sudiarso, Aini, N., & Nuraini, Y. (2016). Isolation and identification on microorganism decomposers of Palu local cow manure of Central Sulawesi, Indonesia. *J. Degrade. Min. Land Manage*, 3(4), 625–629.
- Khan, M. R., & Singh, W. N. (2001). International Journal of Pest Management Effects of soil application of fly ash on the fusarial wilt on tomato cultivars. *International Journal Of Pest Management*, 47(4), 293–297.
- Kishor, P., Ghosh, A., & Kumar, D. (2010). Use of Flyash in Agriculturae: A Way to Improve Soil Fertility and its Productivity. *Asian Journal of Agricultural Research*, 4(1), 1–14.
- Kohli, S., & Goyal, D. (2010). Effect of fly ash application on some soil physical properties and microbial activities. *Acta Agrophysica*, 16(2), 327–335.
- Makut, M., & Ade-ibijola, O. (2012). Citric acid producing fungi found in the soil environment of Keffi metropolis, Nasarawa state. *International Research Journal of Microbiology*, 3(7), 240–245.
- Mittra, B. N., Karmakar, S., Swain, D. K., & Ghosh, B. C. (2003). Fly Ash – a Potential Source of Soil Amendment and a Component of Integrated Plant Nutrient Supply System. *International Ash Utilization Symposium*, 5, 28–35.
- Mulyani, A., & Sarwani, M. (2013). Karakteristik dan Potensi Lahan Sub Optimal untuk Pengembangan Pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumber Daya Lahan*, 7(1), 47–55.
- Nanipieri, P., Ascher, J., Ceccherini, M., Landi, L., Pietramellara, G., & Renella, G. (2017). *Microbial diversity and soil functions. European Jo*, 12–26.
- Novia, D., Rakhmadi, A., Purwati, E., Juliyarsi, I., Hairani, R., & Syalsafilah, F. (2019). The characteristics of organic fertilizer made of cow feces using the Indigenous Micro-Organisms (IMO) from raw manures. *International Conference on Animal Production for Food Sustainability*, 1–9.
- Pal, A., & Paul, A. K. (2008). Microbial extracellular polymeric substances: central elements in heavy metal bioremediation. *Indian J Microbiol*, 48, 49–64.
- Pandey, V. C., & Singh, N. (2010). Impact of fly ash incorporation in soil systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 136(1–2), 16–27.
- PERMENLHK. *Penyimpanan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. L. No. P.12/MENLHK/SETJEN/PLB.3/5/20 20, 1 (2020).
- Priyadi, Kurniawati, N., & Nugroho, P. (2018). Aktivitas Biologi Tanah yang Berasal dari Perkebunan Karet pada Berbagai Kondisi Kelengasan. *EnviScience*, 2(1), 10–15.
- Sharma, S. K., & Kalra, N. (2006). Effect

of flyash incorporation on soil properties and productivity of crops : A review aspects of flyash for its application in agriculture . *Journal of Scientific & Industrial Research*, 65(5), 383–390.