



Identifikasi Potensi Penambahan Limbah Batu Bara sebagai Penyedia Hara Pertumbuhan Tanaman Cabai

Nabilah Atika Suri¹, Yuried Diilan Rieswana¹, Aisah¹, Atika Nandini^{1,3}, Hamzah Fansuri⁴, dan Silvana Dwi Nurherdiana^{1,2,3*}

¹) Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, 60294, Indonesia

²) Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, 60294, Indonesia

³) Low Carbon Technologies Research Centre, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, 60294, Indonesia

⁴) Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 60111, Indonesia

*) Corresponding Author: silvana.dwi.tk@upnjatim.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21776/ub.rbaet.2024.008.01.04>

Abstract

Article History

Submitted:

September 15th, 2023

Accepted:

May 17th, 2024

Published:

May 31th, 2024

© 2024 Universitas Brawijaya

Identify the potential for adding coal waste as a provider of nutrients for chili plant growth. Fly ash as coal burning waste contains a variety of main compounds such as CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, MnO, Na₂O, K₂O and some heavy metals. The composition of each compound is different depending on the combustion condition parameters in the industry. Rice husk waste reaches 20-30% of the grain produced and has not been utilized optimally by farmers. Therefore, the use of a mixture of fly ash and husk requires further study as an innovative soil improvement product. The aim of this research is to identify the use of fly ash and rice husks as environmentally friendly soil amendments or fertilizers. Fly ash is mixed with organic components such as burnt husks, goat manure with different compositions. The product obtained is then placed in the soil of the chili plants using the method of spreading 0.5 g on 1.5 kg of soil. Tests were carried out both on the soil regarding the value of the degree of acidity and humidity and the growth of chili plants as indicators of the effect of adding fly ash on their growth. The results of fly ash waste can be used as a soil conditioner with a range of acidity between 6.5 to 8.5 fly ash with a nitrogen content of 0.49%, 0.18% phosphorus, 0.6% potassium with a carbon value of 6.9% and C/N ratio 14.08. These conditions are good for the soil for chili plants. The increase in height increases on days 1 to 9, while leaf width tends to remain constant on days 3 to 9. The results of this research contributes on the developing the use of fly ash in agriculture so that the absorption of fly ash waste can be done on a large scale.

Keywords: base, fly ash, land repairer, rice husk, soil

Abstrak

Fly ash sebagai limbah pembakaran batu bara memiliki beragam kandungan senyawa utama seperti CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, MnO, Na₂O, K₂O dan sebagian logam berat. Limbah sekam padi mencapai 20-30% dari gabah yang dihasilkan dan belum dimanfaatkan secara optimal oleh petani. Oleh karena itu, pemanfaatan campuran fly ash dan sekam memerlukan kajian lebih lanjut sebagai inovasi produk pembenah tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pemanfaatan fly ash dan sekam padi menjadi pembenah tanah atau pupuk berbasis ramah lingkungan. Fly ash dicampurkan pada komponen organik seperti sekam bakar, kotoran kambing dengan komposisi yang berbeda. Produk yang diperoleh selanjutnya diletakkan pada tanah tumbuhan cabai melalui metode sebar 0.5 g pada 1.5 kg tanah. Pengujian dilakukan pada tanah terkait nilai derajat keasaman, kelembaban dan



pertumbuhan tanaman cabai sebagai indikator adanya pengaruh penambahan *fly ash* pada pertumbuhannya. Hasil limbah *fly ash* dapat dimanfaatkan sebagai pembenah tanah dengan kisaran derajat keasaman antara 6,5 hingga 8,5 *fly ash* dengan kandungan nitrogen 0,49%, fosfor 0,18%, kalium 0,6% dengan nilai karbon 6,9% dan rasio C/N 14,08. Kondisi tersebut baik bagi tanah untuk tanaman cabai. Penambahan tinggi meningkat pada hari ke 1 hingga 9, sedangkan lebar daun cenderung tetap pada hari ke 3 hingga 9.

Kata kunci: basa, *fly ash*, pembenah tanah, sekam padi, tanah

PENDAHULUAN

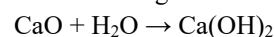
Pemanfaatan limbah *fly ash* (*fly ash*) sebagai campuran pembenah tanah yang diperuntukkan bagi sektor pertanian masih memerlukan kajian lebih lanjut. *Fly ash* dari setiap industri memiliki karakteristik unsur dasar yang berbeda, yang disebabkan dari suhu pembakaran batu bara yang digunakan, kestabilan panas dan produk industri yang dihasilkan. Peluang *fly ash* untuk dimanfaatkan pada sektor pertanian khususnya untuk *filler* pembenah tanah sangat besar. Hasil uji karakteristik kimia menunjukkan beberapa unsur kimia yang dibutuhkan tanaman dan bermanfaat untuk perbaikan kondisi tanah [1]. Peluang pemanfaatan *fly ash* untuk sektor pertanian antara lain:

1. Penggunaan sebagai bahan baku pupuk dengan memanfaatkan kandungan silika,
2. Penggunaan sebagai *filler* pupuk majemuk NPK atau pupuk majemuk lainnya,
3. Penggunaan langsung sebagai pembenah tanah untuk tanah mineral masam dan tanah gambut.

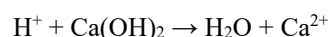
Standar/tolak ukur produk NPK yang memanfaatkan *fly ash* batu bara berdasarkan SNI 2803:2012 tentang Pupuk NPK Padat dan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 209/KPTS/SR.320/3/2018 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Anorganik.

Secara kimia, komposisi limbah pembakaran batu bara terdiri dari >80% abu terbang (*fly ash*) dan <20% adalah bottom ash. Secara kimia, komposisi dan kandungan paling tinggi pada abu terbang adalah sebagai berikut : SiO₂, Al₂O₃, SO₃, Fe₂O₃, CaO, MgO. Senyawa lain yang ada pada *fly ash* dengan komposisi kurang dari 4% dapat berupa unsur nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dengan beberapa jenis amorf hingga kristal [2]. *Fly ash* yang bersifat alkali (pH 8.52) karena memiliki kandungan Kalsium (Ca). Kandungan Ca tersebut

dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk menstabilkan pH dalam proses pengomposan bahan organik pengganti dolomit (kapur). Reaksi penetralan asam hasil oksidasi pirit dengan kondisi minim oksigen adalah sebagai berikut:



Kalsium Hidroksida yang terbentuk ini kemudian akan menetralkan keasaman hasil oksidasi pirit. Reaksi penetralan yang terjadi adalah sebagai berikut:



Kisaran nilai pH FABA yang adalah 4,5-12 juga dapat dipengaruhi oleh S (sulfur).

Oleh karena itu, pemanfaatan *fly ash* sebagai material pertanian seperti pupuk penting dilakukan pada penelitian ini. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan sifat basa dan unsur hara rendah dari *fly ash* terhadap pertumbuhan tanaman cabe.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : neraca analitik, ayakan, ember, karung, penggaris, alat tulis, *soil moist Ph analyzer*, alat penumbuk. Bahan yang digunakan yaitu kotoran kambing, *fly ash* yang diperoleh dari PT. IPMOMI, Paiton, Indonesia, sekam bakar, bakteri EM4 komersil sebagai bioaktivator, *polybag* muatan 1 kg, air, tanaman cabe rawit merah varietas Dewata 43 fl.

Preparasi dan Pengujian Performa Pembenah Tanah berbasis Limbah *Fly ash*

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 15 perlakuan dengan 3 ulangan, adapun tipe perlakuan diuraikan pada **Tabel 1**. Persiapan diawali dengan menimbang setiap komponen sesuai dengan komposisi, selanjutnya dicampur hingga homogen. Kemudian, ditambahkan bakteri EM4 setelah diaktivasi 3 hari

sebelum dicampurkan pada komponen sebanyak 3 mL setiap komposisi. Metode yang dipilih adalah fermentasi yang diaktivasi oleh EM4 melalui proses anaerobik sehingga tanpa melibatkan cahaya dan tanpa udara terbuka.

Tabel 1. Komposisi Variasi Material Pembenh Tanah.

Kode	Hari ke-	Fly ash (g)	Kotoran kambing (g)	Sekam bakar (g)	EM4 (mL)
A	0; 3;	48	72	27	3
B	7;	60	60	27	3
C	14; 21	72	48	27	3

Variabel yang diamati adalah derajat keasaman (pH), kelembapan dan suhu tanah yang dilakukan pada hari ke-0; 3; 7; 14 dan 21. Selanjutnya pupuk campuran yang diperoleh dari hasil fermentasi diuji pada tanah tanaman cabe melalui metode sebar dengan komposisi 0,5 gram. Lebih lanjut, dilakukan pengukuran tinggi tanaman, lebar daun sebelum dan sesudah ditambahkan pupuk yang telah difermentasi pada hari ke-3, 5, 7 dan 9.

Pengukuran tinggi tanaman dimulai dari pangkal batang hingga ujung daun tertinggi menggunakan penggaris, dan lebar daun diukur dari daun tertentu yang dipilih yang selanjutnya diukur secara berulang pada hari yang sudah ditentukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengolah *fly ash* dan juga kotoran kambing serta penambahan sekam bakar menjadi pupuk padat dengan menggunakan bakteri EM4 sebagai bioaktivator, dan dikemas dalam polybag yang ditutup rapat. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, karakterisasi sampel *fly ash* batu bara, terdeteksi beberapa senyawa kimia ditunjukkan pada Tabel 2.

Variasi waktu fermentasi kompos dari campuran *fly ash* dilakukan selama 0; 3; 7; 14; 21 hari. Mikroorganisme membutuhkan waktu untuk proses degradasi dari suatu senyawa menjadi senyawa yang lebih memberikan nilai fungsi pada pertumbuhan tanaman seperti protein, asam amino, enzim, unsur hara dan vitamin. Proses fermentasi yang melibatkan bakteri EM4 memiliki reaksi sebagai berikut :

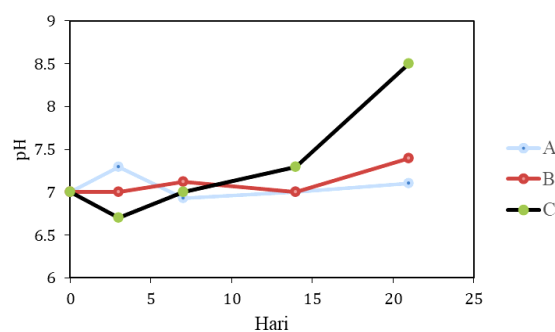
Bahan organik + EM4 \rightarrow CO₂ + H₂O + Humus / kompos + Energi [3].

Selain mikroorganisme, tumbuhan juga memerlukan unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K) untuk mengoptimalkan

pertumbuhan dan mengurangi potensi tanaman rusak seperti daun menguning, pertumbuhan kerdil dan buah yang tidak optimal karena proses fotosintesis yang juga berperan besar dalam proses pertumbuhan tanaman.

Tabel 2. Komposisi Limbah *Fly ash* dari PT. IPMOMI Indonesia [4].

Senyawa	Persentase (%)
SiO ₂	50,67
Al ₂ O ₃	13,76
CaO	12,70
MgO	6,26
Na ₂ O	0,19
K ₂ O	1,28
TiO ₂	0,76
Fe ₂ O ₃	11,99
MnO ₂	0,14
S ₂ O	0,63
Se ₂ O ₃	0,12
P ₂ O ₅	0,08
Ignition loss	1,42



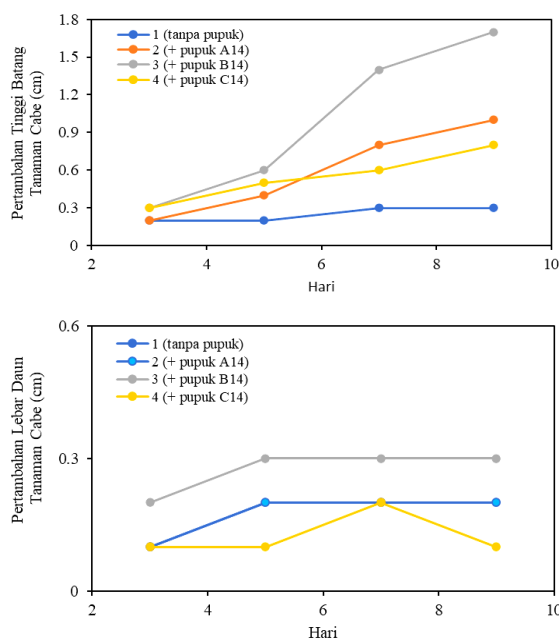
Gambar 1. Grafik pengaruh lama fermentasi material pembenh tanah terhadap derajat keasamannya.

Gambar 1 menunjukkan 3 perlakuan yang berbeda pada penambahan *fly ash*, pada perlakuan A sampai C pH kompos pupuk campuran *fly ash* cenderung netral dan mengalami peningkatan pada setiap rentang waktunya. Kadar pH pada masing-masing perlakuan dipengaruhi oleh komposisi penambahan *fly ash* dimana dalam grafik tersebut didapatkan bahwa semakin besar massa *fly ash* yang dicampurkan pada kompos, maka nilai pH cenderung meningkat ke sifat basa. Kenaikan pH ini dikarenakan adanya kandungan Ca dalam *fly ash*

yang berfungsi sebagai kapur sehingga pH pupuk campuran *fly ash* akan bersifat alkali.

Pemberian *fly ash* mampu meningkatkan nilai derajat keasaman (pH), yang diperoleh sebagai akibat adanya ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) yang memberikan sifat basa seperti kandungan pada bahan kapur dan silika yang ada dalam *fly ash*. Selain pH, kelembapan juga sangat mempengaruhi kualitas dari pupuk. pH dari observasi ini berkisar antara kering, normal, dan juga basah. Itu mengindikasikan bahwa pupuk yang dibuat sesuai dengan yang diharapkan. Selain itu suhu dengan rentang 32-34°C menunjukkan bahwa suhu berada pada kondisi normal pupuk.

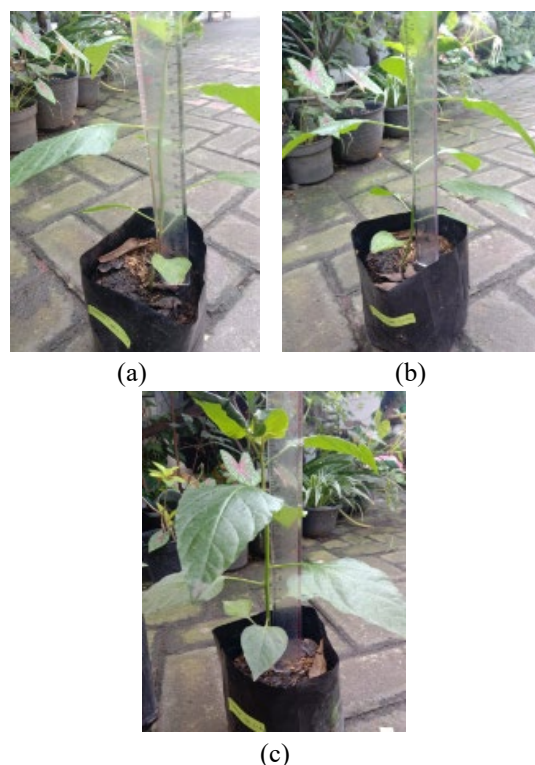
Pada penelitian ini tanaman yang diamati adalah cabai (**Gambar 3**). **Gambar 2** menunjukkan bahwa pada minggu pertama rata-rata tinggi tanaman di media tanah dan tanah yang ditambah kompos menunjukkan perbedaan pertumbuhan, seperti tinggi dan lebar daun tanaman cabe.



Gambar 2. Pengaruh penambahan *fly ash* terhadap (a) tinggi dan (b) lebar daun tanaman cabe

Penambahan daun pada tanaman tersebut salah satunya disebabkan oleh adanya kandungan Magnesium dalam *fly ash* yang berguna untuk pembentukan daun. Selain itu, pemberian kompos campuran *fly ash* pada tanaman cabai juga berpengaruh terhadap pertumbuhan panjang batang. Hal ini dibuktikan dengan semakin lama waktu pemberian kompos pertumbuhan panjang batang juga semakin besar. Magnesium pada *fly ash* mendasari terjadinya pertumbuhan batang tersebut

begitu pula dengan lebar daripada daun tanaman cabai yang juga di pengaruhi oleh kandungan magnesium dari *fly ash*.



Gambar 3. Pertumbuhan tanaman cabe pada sampel A (a), sampel B (b) dan sampel C (c) pada hari ke 9.

Pada hasil tersebut juga dapat dilihat bahwa terdapat penambahan tinggi batang yang bertambah secara konstan dan juga lebar daun yang mengalami perubahan meskipun perubahan dari lebar daun tidaklah berubah secara signifikan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa kandungan zat kimia yang terdapat dalam *fly ash* batu bara hasil dari aktivitas PLTU dapat memberikan dampak yang bagus terhadap pertumbuhan tanaman melalui pembuatan pupuk organik dengan perbandingan yang sesuai [6].

Tabel 3. Nilai Kandungan Hara Pupuk berbasis *Fly ash* dengan literatur sebelumnya

Indikator	Penelitian yang dilakukan saat ini	Literatur		
		[7]	[2]	[5]
N (%)	0.49	0.40	2.10	-
P (%)	0.18	0.20	0.015	0.31
K (%)	0.60	0.1	1.2×10^{-4}	2.94
C-organik (%)	6.90	-	-	-
Rasio C/N	14.08	-	-	14.56

Tabel 3 menunjukkan kandungan unsur hara kompos campuran *fly ash* terdiri dari unsur nitrogen, fosfor, kalium dan C-organik. Nilai unsur nitrogen

yang dimiliki dari kompos campuran *fly ash* lebih tinggi dibandingkan nilai pupuk dari kotoran sapi [7]. Sedangkan nilai nitrogen dari *fly ash* dengan jenis berbeda memiliki kandungan lebih rendah dibandingkan penelitian Bhattacharya et al [2]. Hal ini menunjukkan bahwa setiap jenis *fly ash* memiliki karakteristik berbeda, sesuai dengan proses dan suhu pembakaran batu bara yang diaplikasikan oleh industri. Nilai C/N kompos *fly ash* memiliki nilai yang rendah, hal ini sesuai bahwa *fly ash* tidak memberikan kontribusi besar pada unsur hara, melainkan unsur alkali yang berfungsi sebagai pembenah tanah, terutama perngolahan tanah asam tercemar logam berat menjadi tanah subur dengan memberikan peningkatan derajat keasaman tanah menjadi lebih basa atau netral [8].

KESIMPULAN

Identifikasi pemanfaatan *fly ash* dari limbah batu bara menunjukkan kontribusi pada pertumbuhan tanaman cabe melalui proses pembenahan tanah. Hal ini menunjukkan bahwa adanya keberadaan senyawa basa lebih memiliki dampak daripada komposisi unsur hara yang relatif rendah. Lebih lanjut, nilai pH yang dihasilkan mengalami perubahan dari fermentasi dari hari ke 1 hingga 21. Nilai derajat keasaman (pH), suhu, serta kelembapan dari kompos campuran *fly ash* didapatkan hasil yang sesuai dengan SNI dimana pH ideal dari sebuah pupuk berdasarkan SNI yaitu 4-9. Pencampuran *fly ash* batu bara dengan sekam bakar dan juga kotoran kambing dapat menjadikan pH pupuk menjadi rata-rata 7,3. Nilai kelembapan dan suhu yang didapatkan tidak mengalami perubahan antara sampel A, B, dan C sehingga apabila ditinjau dari segi pH maka pupuk campuran *fly ash* batu bara dapat diaplikasikan pada tanaman. Penambahan pupuk campuran *fly ash* yang ditambahkan pada tanaman cabai didapatkan hasil berupa penambahan jumlah daun, panjang batang dan juga lebar daun yang juga bertambah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hosseini Asl, S. M., Javadian, H., Khavarpour, M., Belviso, C., Taghavi, M., & Maghsudi, M. (2019). Porous adsorbents derived from coal *fly ash* as cost-effective and environmentally-friendly sources of aluminosilicate for sequestration of aqueous and gaseous pollutants: A review. *Journal of Cleaner Production*, 208, 1131–1147. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.186
- [2] Bhattacharya, T., Pandey, S. K., Pandey, V. C., & Kumar, A. (2021). Potential and safe utilization of *Fly ash* as fertilizer for *Pisum sativum* L. Grown in phytoremediated and non-phytoremediated amendments. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(36), 50153–50166. doi: 10.1007/s11356-021-14179-9
- [3] Suryawan, I. W. K., Prajati, G., Afifah, A. S., Apritama, M. R., & Adicita, Y. (2019). Continuous Piggery Wastewater Treatment With Anaerobic Baffled Reactor (Abr) By Bio-Activator Effective Microorganisms (Em4). *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 3(1), 1–12. doi: 10.25105/urbanenvirotech.v3i1.5095
- [4] Iqbal, R. M., Supriadi, W., Burhan, R. Y. P., Nurherdiana, S. D., Hidayati, R. E., Subaer, S., Bayuaji, R., & Fansuri, H. (2022). Fabrication and characterization of *fly ash*-based geopolymer and its performance for immobilization of heavy metal cations. *Communications in Science and Technology*, 7(2), 112–118. doi: 10.21924/cst.7.2.2022.868
- [5] Idawati, I., Rosnina, R., Jabal, J., Sapareng, S., Yasmin, Y., & Yasin, S. M. (2017). Penilaian Kualitas Kompos Jerami Padi Dan Peranan Biodekomposer Dalam Pengomposan. *Journal TABARO Agriculture Science*, 1(2), 127. doi: 10.35914/tabaro.v1i2.30
- [6] Mupambwa, H. A., Dube, E., & Mnkeni, P. N. S. (2015). *Fly ash* composting to improve fertiliser value - A review. *South African Journal of Science*, 111(7–8), 1–6. doi: 10.17159/sajs.2015/20140103
- [7] Nusantoro, S., & Awaludin, A. (2019). *Pembuatan Pupuk Organik Padat (Pop) Berbasis Bahan Kotoran*. 168–175.
- [8] Fang, L., Liu, Y., Tian, H., Chen, H., Wang, Y., & Huang, M. (2017). Proper land use for heavy metal-polluted soil based on enzyme activity analysis around a Pb-Zn mine in Feng County, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(36), 28152–28164. doi: 10.1007/s11356-017-0308-4

AUTHOR'S DECLARATION

Authors' contributions and responsibilities

The authors made substantial contributions to the conception and design of the study. The authors took responsibility for data analysis, interpretation, and discussion of results. The authors read and approved the final manuscript.

Funding

No funding

Competing interests

The authors declare no competing interest.

Availability of data and materials

All data are available from the authors.

Additional information

No additional information from the author.