

## PENGARUH STEEL SLAG, FLY ASH DAN BOTTOM ASH TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN PADI DI TANAH GAMBUT

### *Effects of Steel Slag, Fly Ash and Bottom Ash on the Growth of Rice Plant in Peat Soil*

Laili Purnamasari<sup>1)</sup>, Arief Hartono<sup>2)\*</sup>, Untung Sudadi<sup>2)</sup> dan Linca Anggria<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Program Studi Ilmu Tanah, Sekolah Pascasarjana IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

<sup>2)</sup> Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

<sup>3)</sup> Badan Standardisasi Instrumen Pertanian, Kementerian Pertanian

#### ABSTRACT

*Industrial activities in Indonesia generate waste such as steel slag, fly ash and bottom ash which contain macro, micro and beneficial nutrients. These industrial wastes are able to improve the quality of soil such as peat soil. However, these waste materials also contain toxic heavy metals that need to be assessed. This study aimed to evaluate the influence of steel slag, fly ash and bottom ash on the growth of rice plant (IR 64 variety), yield production and content of toxic heavy metals in rice. The pot experiment was conducted at Sindangbarang Greenhouse, BPSI Tanah dan Pupuk, from September 2022 to January 2023. This experiment used a completely randomized design (CRD) with 13 treatments and three replications. The ameliorant applied in each treatment were 0; 2.5; 5.0; 7.5 and 10.0% of the oven-dry soil weight. The results of pot experiments show that the addition of steel slag, fly ash and bottom ash to peat soil was able to improve the growth of rice plant and yield production. The positive response of rice growth and production is related to the increase in peat soil pH and the availability of Si, Ca and Mg derived from the soil amendments. The rice did not contain Pb but contained Cd (0.26 mg/kg) where the Cd content is still within the maximum permissible limit according to SNI 6128:2020 (0.4 mg/kg).*

*Keywords: Ameliorant, Greenhouse Experiment, Heavy Metal, Industrial Waste, Non Hazardous Waste, Soil Amendment*

#### ABSTRAK

Kegiatan industri di Indonesia menghasilkan limbah seperti *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash* yang mengandung hara makro, mikro dan benefisial. Limbah industri tersebut mampu meningkatkan kualitas tanah seperti tanah gambut. Namun bahan limbah tersebut juga mengandung logam berat beracun yang perlu dikaji. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash* terhadap pertumbuhan padi (varietas IR 64), hasil produksi dan kandungan logam berat beracun pada beras. Percobaan pot dilakukan di Rumah Kaca Sindangbarang, BPSI Tanah dan Pupuk pada September 2022 hingga Januari 2023. Percobaan ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 13 perlakuan serta tiga ulangan. Bahan pembenah tanah yang digunakan pada masing-masing perlakuan adalah 0; 2.5; 5.0; 7.5 dan 10.0% dari berat kering oven tanah. Hasil percobaan pot menunjukkan aplikasi *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash* pada tanah gambut dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi dan hasil produksi. Respon positif pertumbuhan dan produksi padi berhubungan dengan peningkatan pH tanah gambut dan ketersediaan Si, Ca dan Mg yang berasal dari pembenah tanah. Beras yang dihasilkan tidak mengandung Pb tetapi mengandung Cd (0.26 mg/kg) dimana kandungan Cd tersebut masih berada dalam batas maksimum yang diizinkan berdasarkan SNI 6128:2020 (0.4 mg/kg).

Kata kunci: Amelioran, Limbah Industri, Limbah Non B3, Logam Berat, Pembenah Tanah, Percobaan Rumah Kaca

#### PENDAHULUAN

Kegiatan Industri yang beroperasi di Indonesia menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Pengelolaan limbah yang tidak layak berdampak negatif seperti pencemaran lingkungan (Exposto dan Sujaya, 2021). Dampak positifnya adalah limbah industri yang dihasilkan ada yang mengandung hara esensial dan benefisial yang bermanfaat untuk meningkatkan kualitas tanah, pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Limbah industri tersebut adalah *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash*. *Steel slag* merupakan limbah atau hasil samping dari kegiatan industri peleburan bijih logam besi atau baja (Das *et al.*, 2021). *Fly ash* adalah limbah yang dihasilkan oleh pembangkit listrik termal yang menggunakan bahan bakar batubara (Haris *et al.*, 2021) sedangkan *bottom ash* merupakan limbah

pembangkit listrik yang memiliki ukuran partikel lebih besar dibandingkan *fly ash* (Damayanti, 2018).

Selain mengandung hara esensial dan benefisial, *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash* juga memiliki kandungan logam berat. *Steel slag* mengandung beberapa logam berat seperti Cr, Cd, Pb, dan Zn (Wang *et al.*, 2021). *Fly ash* juga mengandung logam berat seperti Ni, Cr, Pb, Cd, As, Hg, V dan Ba (Rejeki *et al.*, 2014; Panda *et al.*, 2015). Sementara *bottom ash* mengandung logam berat seperti Pb, Cd, Co, Cr, Ni, As dan Hg namun masih berada dalam jumlah yang normal (James *et al.*, 2012). Penggunaan limbah industri sebagai bahan pembenah tanah menimbulkan kekhawatiran akan keracunan logam berat pada manusia dan organisme lain.

Pada awalnya, *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash* dikategorikan sebagai limbah bahan beracun dan berbahaya (limbah B3) bersama dengan limbah industri lainnya.

\*) Penulis Korespondensi: Telp. +62812-1108-782; hartono@apps.ipb.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.29244/jilt.26.1.48-53>

Namun setelah disahkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021, ketiga limbah tersebut digolongkan menjadi limbah non B3. Adapun *steel slag* yang tergolong limbah non B3 adalah yang berasal dari kegiatan peleburan bijih besi dan baja. Sementara itu, *fly ash* dan *bottom ash* yang tergolong limbah non B3 berasal dari kegiatan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Keluarnya *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash* dari daftar limbah B3 mendorong berbagai pihak untuk memanfaatkannya, salah satunya dalam kegiatan pertanian. Dalam kegiatan pertanian, limbah industri banyak dimanfaatkan sebagai pembenah tanah seperti pembenah tanah gambut yang memiliki tingkat kesuburan rendah. Pemanfaatan limbah industri dalam kegiatan pertanian ini diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman dan juga dapat memecahkan permasalahan yang ditimbulkan oleh limbah industri (Chand *et al.*, 2015).

Luas lahan gambut di Indonesia pada tahun 2019 mencapai 13,4 juta ha yang tersebar di tiga pulau besar, yaitu Sumatera, Kalimantan dan Papua (BBSDLP, 2019). Tidak semua lahan gambut dapat dimanfaatkan untuk usaha pertanian sehingga diperlukan upaya-upaya untuk meningkatkan kualitas tanah gambut sehingga pertumbuhan dan produktivitas tanaman meningkat (Balitbangtan, 2016). Menurut Choo *et al.* (2020) lahan gambut sangat berpotensi untuk ditanami tanaman pangan seperti padi. Tanah gambut berpotensi untuk dibudidayakan karena mengandung bahan organik dan ketersediaan airnya tinggi.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash* terhadap pertumbuhan tanaman padi, hasil produksi serta kandungan logam berat dalam beras yang dihasilkan.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Instalasi Rumah Kaca Sindangbarang dan Laboratorium Kimia Tanah, Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk Bogor pada bulan September 2022 hingga Maret 2023. Percobaan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal dengan 14 perlakuan dan tiga ulangan percobaan sehingga diperoleh 42 satuan percobaan.

Media tanam yang digunakan adalah tanah gambut yang berasal dari Desa Arang Arang, Kecamatan Kumpeh Ulu, Kabupaten Muaro, Provinsi Jambi. Tanah gambut dengan tingkat kematangan saprik tersebut diambil pada kedalaman 0-30 cm. Bahan pembenah tanah yang digunakan antara lain *steel slag* yang berasal dari PT. Krakatau Steel Tbk., *fly ash* dan *bottom ash* berasal dari PLTU Suralaya. *Steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash* yang digunakan merupakan yang lolos ayakan berukuran 2 mm (Pohan, 2012). Taraf perlakuan *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash* yang ditambahkan adalah 0; 2.5; 5.0; 7.5 dan 10.0% dari bobot kering tanah gambut. Taraf perlakuan ini merupakan hasil modifikasi berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pohan (2012). Pada percobaan pot juga ditambahkan perlakuan kapur dimana dosis kapur yang ditambahkan sebanyak 2 t/ha atau setara dengan 30 g/pot. Menurut Agus dan Subiksa (2008) penambahan kapur pada tanah gambut yang telah dikelola secara intensif dosisnya berkisar 1-2 t/ha.

Tanah gambut dari lapangan dihomogenkan, ditimbang dan dimasukkan ke dalam pot. Jumlah tanah gambut per pot adalah sebanyak 11.04 kg atau setara 3 kg berat kering mutlak (Pohan, 2012). Perlakuan bahan pembenah tanah diaplikasikan dengan cara diaduk rata dan dijaga kondisi kadar airnya setinggi 5 cm di atas permukaan tanah. Inkubasi dilakukan selama satu bulan. Padi varietas IR 64 disemaikan selama 21 hari dan dipindahtanamkan sebanyak 2 batang/pot. Satu hari sebelum pindah tanam, dilakukan pemupukan dasar untuk semua perlakuan dengan besaran 4.5 g/pot urea diberikan tiga waktu, 3 g/pot SP 36 diberikan seluruhnya saat tanam dan 2.25 g/pot KCl diberikan dua waktu. Tanaman padi dipelihara dan dipanen pada umur 17 MST.

Analisis kimia dilakukan terhadap pembenah tanah dan tanah gambut awal. Parameter pembenah tanah antara lain P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, Na, Fe, Al, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd, SiO<sub>2</sub> serta SiO<sub>2</sub>-tersedia. Sementara itu, parameter tanah awal antara lain pH, C, N, P-Bray I, Ca-dd, Mg-dd, K-dd, Na-dd, KTK, kejenuhan basa (KB) serta logam berat tersedia (Pb dan Cd). Parameter pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah anakan dan jumlah malai, serta parameter panen meliputi bobot kering jerami, bobot gabah kering giling (BGKG) dan persen gabah hampa (PGH). Kadar logam berat Pb dan Cd dalam beras dianalisis dengan metode pengabuan basah tertutup menggunakan pereaksi HNO<sub>3</sub>. Analisis data meliputi ANOVA dan perlakuan yang nyata dilakukan uji lanjut DMRT dengan  $\alpha = 5\%$  menggunakan *software* statistik SPSS.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat Kimia *Steel Slag*, *Fly Ash* dan *Bottom Ash*

Hasil analisis *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash* menunjukkan ketiga pembenah tanah memiliki pH yang sangat tinggi yaitu berada diantara pH 9.77 hingga pH 11.71 (Tabel 1). Ketiga pembenah tanah ini juga memiliki kandungan CaO dari kadar yang terendah hingga tertinggi yaitu *bottom ash* 2.0%; *fly ash* 5.17% dan *steel slag* 19.58%. Kadar MgO tertinggi terukur pada *steel slag* (8.73%) dan yang terendah terdapat pada *bottom ash* (1.50%). Diantara kadar hara mikro esensial yang terdapat pada ketiga pembenah tanah, hara Cu merupakan yang terendah dimana kadar Cu tertinggi terukur pada *steel slag* (11.82 ppm) dan yang terendah terdapat pada *bottom ash* (1.61 ppm).

Tabel 1. Sifat kimia *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash*

Parameter	<i>Steel Slag</i>	<i>Fly Ash</i>	<i>Bottom Ash</i>
pH H <sub>2</sub> O (1:4)	9.85	11.71	9.77
Kelembaban (%)	22.64	0.16	1.05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	2.94	1.35	0.45
K <sub>2</sub> O (%)	0.18	0.16	0.07
CaO (%)	19.58	5.17	2.00
MgO (%)	8.73	4.07	1.50
Na (%)	0.04	0.21	0.08
Fe (%)	8.59	1.65	0.78
Al (%)	0.78	1.15	0.47
Mn (%)	0.33	0.02	0.01
Cu (ppm)	11.82	7.49	1.61
Zn (ppm)	68.31	55.85	7.73
Pb (ppm)	4.73	0.49	0.24
Cd (ppm)	5.31	2.81	1.97
SiO <sub>2</sub> -tersedia (%)	5.86	8.17	1.33
SiO <sub>2</sub> -total (%)	12.50 (46.9)*	36.41 (22.4)*	29.32 (4.5)*

Keterangan: \* persentase SiO<sub>2</sub> tersedia terhadap total

### Pertumbuhan Tanaman Padi

Selain unsur hara yang menguntungkan, ketiga pembenah tanah juga mengandung logam berat yang tidak dibutuhkan oleh tanaman. Kandungan Pb tertinggi terukur pada *steel slag* (4.73 ppm) dan yang terendah terukur pada *bottom ash* (0.24 ppm). Kandungan Cd tertinggi juga terukur pada *steel slag* (4.73 ppm) dan terendah terukur pada *bottom ash* (1.97 ppm). Berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian RI No. 261 Tahun 2019 tentang persyaratan teknis minimal pembenah pupuk organik dan pembenah tanah, kandungan Pb dan Cd masih di bawah ambang batas maksimal logam berat Pb <50 ppm dan Cd <2 ppm.

### Sifat Kimia Tanah Gambut

Reaksi tanah gambut tergolong sangat masam (pH 3.29) dimana sifat masam tersebut diantaranya berasal senyawa asam-asam organik seperti humat dan fulvat (Tabel 2). Menurut Marlina *et al.* (2017) masamnya reaksi tanah gambut karena tingginya kandungan ion H<sup>+</sup> yang berasal dari asam-asam organik penyusun gambut. Sementara itu, kadar N-total tergolong sedang dengan nilai sebesar 1.44%. N-total hasil analisis tersebut sebagian besar berbentuk N-organik dan sebagian kecil berbentuk N-tersedia yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Kadar P-Bray I tergolong tinggi dengan nilai sebesar 52.26 ppm. Sebagian besar kadar P-Bray I tersebut berbentuk P-organik. P-organik tersebut akan mengalami mineralisasi oleh jasad mikro membentuk P-anorganik (Harun *et al.*, 2020). Sementara itu, nilai tukar kation (Ca, Mg, K dan Na), kapasitas tukar kation (KTK) dan kejenuhan basa tergolong rendah. Berdasarkan hasil analisis tersebut menunjukkan perlunya perbaikan kesuburan kimia tanah gambut agar menjadi lahan pertanian yang produktif. Salah satu alternatifnya adalah menggunakan pembenah tanah yang memperbaiki ruang tumbuh akar.

Tabel 3 menunjukkan pengaruh *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash* terhadap tinggi tanaman, jumlah anakan dan jumlah malai padi. Pada umur 6 MST, perlakuan kontrol tanpa pembenah tanah tumbuh kerdil dan tidak berproduksi karena tanah gambut umumnya mengandung asam fenolat yang dapat meracuni tanaman sehingga tanaman tidak berkembang.

Seluruh perlakuan *steel slag* dan *fly ash* serta *bottom ash* 7.5% hingga 10.0% dan kapur berpengaruh nyata meningkatkan tinggi tanaman padi dibandingkan perlakuan kontrol dan *bottom ash* 2.5% hingga 5.0% (Tabel 3). Pertumbuhan tanaman padi tertinggi dan terendah terukur pada perlakuan *fly ash* 7.5% (121.4 cm) dan kontrol (40.1 cm). Perlakuan *steel slag* 10.0% dan *fly ash* 5.0% hingga 10.0% nyata meningkatkan jumlah anakan dibandingkan perlakuan kontrol; *steel slag* 2.5% hingga 7.5%; *fly ash* 2.5%; seluruh perlakuan *bottom ash* dan kapur (Tabel 3). Sementara itu, jumlah malai pada perlakuan *steel slag* 7.5% hingga 10.0% dan *fly ash* 5.0% hingga 10.0% berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan *steel slag* 2.5% hingga 5.0%; *fly ash* 2.5%; seluruh perlakuan *bottom ash* dan kapur. Jumlah anakan dan malai padi tertinggi terukur pada perlakuan *fly ash* 10.0% dengan jumlah berturut-turut sebanyak 33 batang/pot dan 31 batang/pot. Pada percobaan ini, peningkatan jumlah anakan dan malai padi sejalan dengan peningkatan jumlah pembenah tanah yang diberikan.

Meningkatnya tinggi, jumlah anakan dan jumlah malai padi setelah penambahan pembenah tanah diduga berkaitan dengan perbaikan sifat kimia tanah gambut. Asupan hara esensial dan benefisial yang berasal dari pembenah tanah dan pupuk dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara pada tanah gambut sehingga proses metabolisme dan fisiologis tanaman berjalan dengan baik serta padi tumbuh optimal. Penambahan *fly ash* pada tanah gambut dapat mempercepat mineralisasi bahan organik (Singh *et al.*, 2011; Mortensen *et al.*, 2019). Mineralisasi bahan organik menyebabkan bahan organik berubah menjadi hara anorganik yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi.

Tabel 2. Sifat kimia tanah gambut

Parameter	Nilai	Kriteria	Acuan
pH H <sub>2</sub> O	3,29	Sangat masam	Tim IPB 1976
C-organik (%)	41,54		
N-total (%)	1,44	Sedang	Fleischer
C/N	28,86		
P-Bray I (ppm)	52,26	Tinggi	Tim IPB 1976
Nilai Tukar Kation (cmol <sub>c</sub> /kg)			
Ca	4,45	Rendah	Tim PPT, 1983 (konversi BI)
Mg	1,15	Rendah	Tim PPT, 1983 (konversi BI)
K	0,39	Rendah	Tim PPT, 1983 (konversi BI)
Na	0,33	Rendah	Tim PPT, 1983 (konversi BI)
KTK (cmol <sub>c</sub> /kg)	97,64	Rendah	Tim PPT, 1983 (konversi BI)
Kejenuhan Basa (%)	6,47	Rendah	Halim
Logam Berat Tersedia (ppm)			
Pb	0,03	Normal	Alloway, 1995
Cd	0,02	Normal	Alloway, 1995

Tabel 3. Pengaruh aplikasi *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash* terhadap perkembangan tanaman padi pada tanah gambut

Perlakuan	Tinggi Tanaman		Jumlah Anakan		Jumlah Malai	
	12 MST		8 MST		17 MST	
	----- cm -----		----- batang/pot -----			
Kontrol	40,1	d	2	f	0	
<i>Steel slag</i> 2,5%	109,2	ab	16	d	15	bc
<i>Steel slag</i> 5,0%	116,0	a	17	cd	19	b
<i>Steel slag</i> 7,5%	113,9	a	24	bc	24	ab
<i>Steel slag</i> 10,0%	115,0	a	25	ab	25	ab
<i>Fly ash</i> 2,5%	104,3	ab	16	d	18	b
<i>Fly ash</i> 5,0%	113,5	a	29	ab	30	a
<i>Fly ash</i> 7,5%	121,4	a	30	ab	30	a
<i>Fly ash</i> 10,0%	118,4	a	33	a	31	a
<i>Bottom ash</i> 2,5%	71,1	c	3	f	3	d
<i>Bottom ash</i> 5,0%	91,3	b	4	f	4	d
<i>Bottom ash</i> 7,5%	102,6	ab	4	f	5	d
<i>Bottom ash</i> 10,0%	110,5	ab	6	ef	8	cd
Kapur	109,8	ab	12	de	16	bc

Keterangan: angka-angka yang diikuti notasi huruf kecil yang sama pada kolom dan baris menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%

### Produksi Padi

Perlakuan kontrol tidak berproduksi karena tanaman mati. Bobot kering jerami dan BGKG tertinggi terdapat pada perlakuan *fly ash* 7.5% dengan nilai berturut-turut sebesar 86.2 g/pot dan 92.5 g/pot (Tabel 4). Bobot kering jerami dan BGKG pada perlakuan *steel slag* dan *fly ash* memiliki pola regresi semakin meningkat seiring meningkatnya taraf perlakuan tetapi menurun pada taraf perlakuan tertinggi yaitu pada perlakuan *steel slag* 10.0% dan *fly ash* 10.0% (Gambar 1). Hal ini diduga karena pemenuhan kebutuhan unsur hara sudah melebihi titik maksimum sehingga terjadi penurunan pertumbuhan dan produksi tanaman. Sementara itu, rendahnya pertumbuhan dan produksi pada perlakuan *bottom ash* diduga karena kelarutan *bottom ash* rendah sehingga tidak berpengaruh terhadap perbaikan sifat kimia tanah gambut.

Pemberian *steel slag* dan *fly ash* terhadap tanah gambut dapat meningkatkan kandungan hara, pH tanah serta kejenuhan basa sehingga memperbaiki kualitas tanah gambut serta mengurangi asam organik yang meracuni tanaman. Peningkatan pH tanah tersebut diduga karena kandungan CaO dan MgO pada *steel slag* maupun *fly ash*

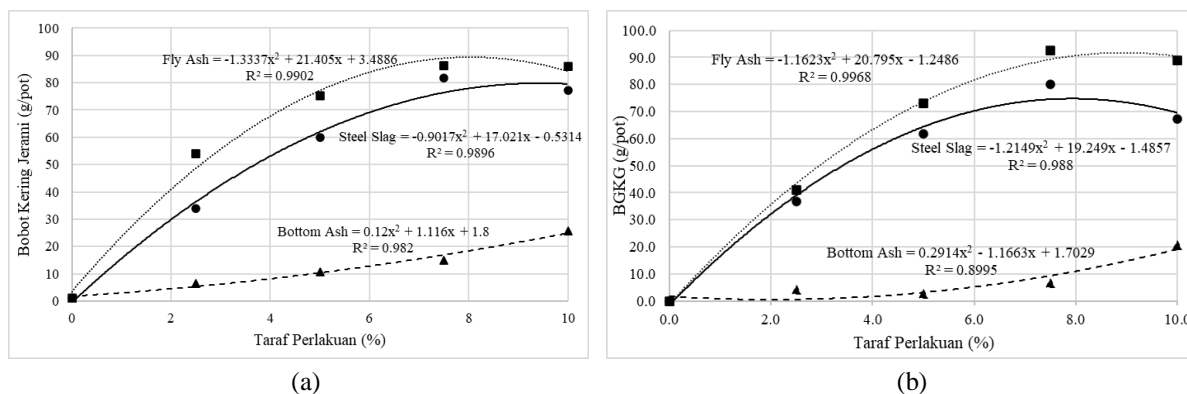
mengalami reaksi hidrolisis melepaskan ion OH<sup>-</sup> sehingga meningkatkan pH tanah gambut. Menurut Ning *et al.* (2016) dan Marcotte *et al.* (2022) ketika *steel slag* ataupun *fly ash* ditambahkan ke tanah, senyawa CaO dan MgO yang berasal dari *steel slag* maupun *fly ash* larut dalam air dan melepaskan ion OH<sup>-</sup> yang menyebabkan peningkatan nilai pH pada tanah. Peningkatan sifat kimia tanah gambut mendukung pertumbuhan dan volume akar tanaman sehingga dapat menyerap unsur hara dan air lebih banyak (Nelvia, 2018). Hal ini menyebabkan pertumbuhan padi menjadi optimal yang berpengaruh terhadap peningkatan produksi padi.

Persen gabah hampa terendah terdapat pada perlakuan *steel slag* 2.5% (2.8%). Terjadinya gabah hampa dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti serangan hama atau penyakit dan kekurangan nutrisi hara tertentu sehingga pengisian gabah tidak optimal. Gabah hampa pada tanaman padi yang ditanam di tanah gambut diduga disebabkan oleh keberadaan asam-asam organik yang mengkhelat hara Cu dan Zn sehingga ketersediaan Cu dan Zn berkurang. Rendahnya ketersediaan hara Cu dan Zn menyebabkan masalah gabah hampa pada tanaman padi yang ditanam di tanah gambut (Las *et al.*, 2007).

Tabel 4. Pengaruh aplikasi *steel slag*, *fly ash* dan *bottom ash* terhadap berat kering jerami (BK jerami), bobot gabah kering giling (BGKG), persen gabah bernas (PGB) dan persen gabah hampa (PGH)

Perlakuan	BK Jerami*	BGKG*	PGH
	----- gram/pot -----	----- gram/pot -----	----- % -----
Kontrol	1.1 g	0.0	
<i>Steel slag</i> 2.5%	33.8 de	36.9 e	2.8
<i>Steel slag</i> 5.0%	60.0 bc	61.9 cd	3.0
<i>Steel slag</i> 7.5%	81.7 a	80.0 abc	5.2
<i>Steel slag</i> 10.0%	77.2 ab	67.2 bc	5.1
<i>Fly ash</i> 2.5%	54.1 c	41.2 de	4.2
<i>Fly ash</i> 5.0%	75.2 ab	73.0 abc	5.9
<i>Fly ash</i> 7.5%	86.2 a	92.5 a	5.0
<i>Fly ash</i> 10.0%	85.9 a	89.0 ab	5.5
<i>Bottom ash</i> 2.5%	6.6 fg	4.2 f	9.6
<i>Bottom ash</i> 5.0%	10.8 fg	2.6 f	26.6
<i>Bottom ash</i> 7.5%	15.1 efg	6.5 f	22.3
<i>Bottom ash</i> 10.0%	25.8 def	20.7 ef	4.2
Kapur	35.7 d	23.4 ef	9.3

Keterangan: angka yang diikuti huruf dan pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%. \*) BK jerami : Bobot kering jerami dan BGKG : Bobot gabah kering giling



Gambar 1. Pengaruh steel slag, fly ash dan bottom ash terhadap (a) bobot kering jerami dan (b) BGKG

### Kandungan logam berat dalam beras

Pada seluruh perlakuan, kadar Pb tidak terdeteksi di dalam beras sementara kadar Cd menunjukkan semakin meningkat taraf pemberian pembenah tanah maka semakin meningkat kadar Cd dalam beras terutama pada perlakuan fly ash. Kadar Cd tertinggi terdapat pada perlakuan fly ash 10.0% sebesar 0.26 mg/kg (Tabel 5). Berdasarkan SNI 6128:2020, kadar Cd tersebut masih berada di bawah ambang batas maksimum cemaran logam berat dalam beras dimana batas maksimum dalam komoditas beras yang disosoh yaitu 0.4 mg/kg.

Tabel 5. Pengaruh aplikasi steel slag, fly ash dan bottom ash terhadap kandungan logam berat dalam beras

Perlakuan	Kandungan Logam Berat dalam Beras	
	Pb Total	Cd Total
	----- mg/kg -----	
Kontrol	-	-
Steel slag 2.5%	td	td
Steel slag 5.0%	td	0.13
Steel slag 7.5%	td	0.13
Steel slag 10.0%	td	0.13
Fly ash 2.5%	td	0.14
Fly ash 5.0%	td	0.13
Fly ash 7.5%	td	0.22
Fly ash 10.0%	td	0.26
Bottom ash 2.5%	td	0.15
Bottom ash 5.0%	td	0.16
Bottom ash 7.5%	td	0.16
Bottom ash 10.0%	td	0.16
Kapur	td	td
Beras Pasar	td	0.13
Batas Maksimum (ppm)*	0.2	0.40

Keterangan : (\*) = SNI 6128:2020

### SIMPULAN

Perlakuan steel slag, fly ash dan bottom ash pada tanah gambut dapat meningkatkan tinggi tanaman. Sementara itu, perlakuan steel slag dan fly ash dapat meningkatkan jumlah anakan, jumlah malai, bobot kering jerami dan BGKG padi serta menurunkan persentase gabah hampa. Perlakuan yang paling meningkatkan hasil produksi padi terukur pada perlakuan fly ash 7.5% sementara pada perlakuan steel slag terukur pada steel slag 7.5%. Persentase gabah hampa terendah terukur pada perlakuan steel slag 2.5%. Beras tidak mengandung Pb tetapi mengandung Cd (0.26 mg/kg) dengan kadar masih berada di bawah ambang batas maksimum cemaran logam berat

pada beras yang disosoh menurut SNI 6128:2020 (0.4 mg/kg) sehingga beras aman untuk dikonsumsi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan fasilitas penelitian dari Kepala BPSI Tanah dan Pupuk Dr. Ir. Ladiyani Retno Widowati, M. Sc. beserta jajarannya. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada PLTU Suralaya atas pemberian bahan penelitian.

### DAFTAR PUSTAKA

- [Balitbangtan] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2016. *Lahan Gambut Indonesia*. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian, Jakarta.
- [BBSDL] Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. 2019. *Peta Lahan Gambut Indonesia 1:50.000*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Agus, F., I.G.M. Subiksa. 2008. *Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan*. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor. 36 pp.
- Alloway, B.J. 1995. *Heavy Metals in Soils*. 2nd ed. Halsted Press John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Chand, S., B. Paul and M. Kumar. 2015. An overview of use of linz-donawitz (LD) steel slag in agriculture. *Curr World Environ.* 10(3):975-984. doi:10.12944/cwe.10.3.29.
- Choo, L.N.L.K., O.H. Ahmed, S.A.A. Talib, M.Z.A Ghani, and S. Sekot. 2020. Clinoptilolite zeolite on tropical peat soils nutrient, growth, fruit quality, and yield of carica papaya L. CV. sekaki. *Agronomy*, 10(9). doi:10.3390/agronomy10091320.
- Damayanti, R. 2018. Abu batubara dan pemanfaatannya: Tinjauan teknis karakteristik secara kimia dan toksikologinya. *J. Tekmira*, 14(3): 213-231. doi:10.30556/jtmb.vol14.no3.2018.966.
- Das, P., S. Upadhyay, S. Dubey and K.K. Singh. 2021. Waste to wealth: Recovery of value-added products from steel slag. *J. Environ. Chem. Eng.*, 9(4): 105640. doi:10.1016/j.jece.2021.105640.

- Exposto, L.A.S.M. and I.N. Sujaya. 2021. The impacts of hazardous and toxic waste management: A systematic review. *Interdiscip. Soc. Stud.*, 1(2): 103–123. doi:10.55324/iss.v1i2.20.
- Haris, M., M.S. Ansari and A.A. Khan. 2021. Supplementation of fly ash improves growth, yield, biochemical, and enzymatic antioxidant response of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Hortic. Environ. Biotechnol.*, 62(5): 715–724. doi:10.1007/s13580-021-00351-0.
- Harun, M.K., S. Anwar, E.I.K. Putri and H.S. Arifin. 2020. Sifat kimia dan tinggi muka air tanah gambut pada tiga tipe penggunaan lahan di fisiografi kubah gambut dan rawa belakang KHG Kahayan-Sebagau. *J. Hutan Trop.*, 8(3): 315. doi:10.20527/jht.v8i3.9632.
- James, A.K., R.W. Thring, S. Helle and H.S. Ghuman. 2012. Ash management review-applications of biomass bottom ash. *Energies.*, 5(10): 3856–3873. doi:10.3390/en5103856.
- Las, I., Sukarman, K. Subagyono, D.A. Suriadikarta, M. Noor and A. Jumberi. 2007. Grand design lahan rawa. Di dalam: *Revitalisasi Kawasan PLG dan Lahan Rawa Lainnya untuk Membangun Lumbung Pangan Nasional. Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa I*. Kuala Kapuas: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian. hlm. 29–48.
- Marcotte, A.L., J. Limpens, C.R. Stoof and J.J. Stoorvogel. 2022. Can ash from smoldering fires increase peatland soil pH?. *Int. J. Wildl. Fire*, 31(6): 607–620. doi:10.1071/WF21150.
- Marlina, Nelvia and Armaini. 2017. Ameliorasi tanah gambut dengan berbagai limbah industri terhadap pertumbuhan dan hasil dua varietas jagung (*Zea mays* L.). *J Agroteknologi*. 7(2):21–28.
- Mortensen, L.H., C. Cruz-Paredes, O. Schmidt, R. Rønn and M. Vestergård. 2019. Ash application enhances decomposition of recalcitrant organic matter. *Soil Biol. Biochem.*, 135: 316–322. doi:10.1016/j.soilbio.2019.05.021.
- Nelvia. 2018. The use of fly ash in peat soil on the growth and yield of rice. *J. Agric. Sci.*, 40(3): 527–535. doi:10.1017/S0021859618000163.
- Ning, D., Y. Liang, Z. Liu, J. Xiao and A. Duan. 2016. Impacts of steel-slag-based silicate fertilizer on soil acidity and silicon availability and metals-immobilization in a paddy soil. *PLoS One*, 11(12): 1–15. doi:10.1371/journal.pone.0168163.
- Panda, S.S., L.P. Mishra, S.D. Muduli, B.D. Nayak and N.K. Dhal. 2015. The effect of fly ash on vegetative growth and photosynthetic pigment concentrations of rice and maize. *Biologija*, 61(2). doi:10.6001/biologija.v61i2.3143.
- Pohan, F.N. 2012. Aplikasi steel slag, dolomit, silica gel dan pupuk mikro pada tanaman padi di tanah gambut [tesis]. IPB. Bogor.
- Rejeki, Y.S., Nelvia and Saryono. 2014. Phytoremediation with Acasia (*Acasia crassicarpa*) on peat soil using fly ash and dreg as ameliorants. *Indones. J. Environ. Sci. Technol.*, 1(1): 22–27.
- Singh, J.S., V.C. Pandey and D.P. Singh. 2011. Coal fly ash and farmyard manure amendments in dry-land paddy agriculture field: Effect on N-dynamics and paddy productivity. *Appl. Soil Ecol.*, 47(2): 133–140. doi:10.1016/j.apsoil.2010.11.011.
- Wang, X., X. Li, X. Yan, C. Tu and Z. Yu. 2021. Environmental risks for application of iron and steel slags in soils in China: A review. *Pedosphere*, 31(1): 28–42. doi:10.1016/S1002-0160(20)60058-3.