

# Pengaruh Abu Dasar (*Bottom Ash*) dan Kompos Kotoran Sapi terhadap Serapan Hara, Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi pada Lahan Sawah Buka-an Baru

## *Effect of Bottom Ash and Cow Manure Compost on the Nutrient Uptake, Growth and Production of Rice Planted on Newly-Established Rice Field*

Nurmegawati<sup>1\*</sup>, Iskandar<sup>2</sup>, Sudarsono<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Peneliti Balitbangtan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bengkulu, Jalam Irian Km. 6,5, Semarang, Kota Bengkulu, Bengkulu 38119, Indonesia

<sup>2</sup> Departemen Ilmu Tanah Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University, Jalam Raya Dramaga, Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

#### Riwayat artikel:

Diterima: 24 Januari 2020  
Disetujui: 17 Mei 2020  
Dipublikasi online: 23 Mei 2020

#### Kata kunci:

Oxisols  
Abu dasar  
Kompos kotoran sapi  
Hasil tanaman  
Lahan sawah bukaan baru

#### Keywords:

Oxisols  
Bottom ash  
Cow manure compost  
Crop yield  
Newly open rice field

#### Diriview oleh:

Ai Dariah, Antonius Kasno

**Abstrak.** Abu dasar merupakan salah satu bahan potensial yang dapat dimanfaatkan sebagai amelioran untuk memperbaiki kualitas tanah masam. Selain memiliki pH tinggi, jumlah abu dasar melimpah dan belum dimanfaatkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh amelioran abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap serapan hara, pertumbuhan dan hasil tanaman padi pada lahan sawah bukaan baru yang sering mengalami masalah keracunan Fe dan Mn. Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca pada Bulan Agustus 2017 sampai Februari 2018 bertempat di rumah kaca, Balai Penelitian Tanah Laladon Bogor dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah empat taraf dosis abu dasar dengan, yaitu 0,1; 2,5; dan 5 t ha<sup>-1</sup>. Faktor kedua adalah dosis kompos kotoran sapi, yaitu 0,5 dan 10 t ha<sup>-1</sup>. Contoh tanah yang digunakan untuk percobaan adalah tanah Oxisols lahan kering yang dikondisikan sebagai sawah bukaan baru. Tanaman indikator adalah padi varietas Inpari 33. Parameter yang diamati adalah sifat kimia tanah, kadar unsur hara dalam tanaman dan hasil tanaman. Hasil penelitian menunjukkan pemberian abu dasar hingga 5 t ha<sup>-1</sup> dan kompos kotoran sapi hingga 10 t ha<sup>-1</sup> tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan hara dan serapan hara N, P, K, Fe dan Mn tanaman. Pemberian abu dasar tidak berpengaruh terhadap hasil tanaman padi sedangkan pemberian kompos kotoran sapi 10 t ha<sup>-1</sup> mampu meningkatkan berat gabah bernas dan berat kering jerami secara nyata dibanding pemberian kompos kotoran sapi 5 t ha<sup>-1</sup>.

**Abstract.** Bottom ash is one of the potential materials that can be used as ameliorants to improve the quality of acidic mineral soils. Besides having high pH-value, bottom ash is also abundant in amount and is still untapped. The purpose of this study was to examine the effects of bottom ash and cow manure compost ameliorant on the nutrient uptake, growth and yield of rice plants in a newly open rice field which often shows problems with a high solubility of Fe and Mn. This study was conducted in August 2017 to February 2018 at a greenhouse of Soil Research Institute and was carried out using a completely randomized design (CRD) factorial pattern. The first factor was the dose of bottom ash (0.1, 2.5, and 5 t ha<sup>-1</sup>) and the second factor was the dose of cow manure compost (0.5 and 10 t ha<sup>-1</sup>). Each experiment was repeated three times that resulted in 36 experimental pots in total. The soil sample used in this experiment was an Oxisols which was conditioned as a newly established rice field. The rice variety used was Inpari 33. The parameters observed were soil chemical properties, nutrient content in plants and crop yields. The results showed that bottom ash up to 5 t ha<sup>-1</sup> and cow manure compost up to 10 t ha<sup>-1</sup> had no significant effect on nutrient content and nutrient uptake of N, P, K, Fe and Mn of plants. Provision of bottom ash does not affect the production of rice plants while the provision of 10 t ha<sup>-1</sup> cow manure compost can significantly increase the weight of rice grain and straw dry weight significantly compared to 5 t ha<sup>-1</sup> cow manure compost.

## Pendahuluan

Penyusutan lahan sawah produktif dari tahun ke tahun terus meningkat dan semakin tidak terkendali. Setiap tahunnya lahan sawah produktif beralih fungsi menjadi tempat pemukiman, usaha non pertanian dan pengembangan daerah perkotaan. Menurut Purwaningsih

*et al.* (2015) dampak alih fungsi lahan adalah ketersediaan pangan yang berkurang dan berakibat pada berkurangnya ketahanan pangan secara nasional. Septiofani *et al.* (2016) menambahkan bahwa menyempitkan lahan persawahan tidak hanya berdampak pada penurunan produksi padi tapi juga pada penghasilan masyarakat Indonesia yang bermata pencaharian sebagai petani.

\* Corresponding author: nurmegawati400@gmail.com

Untuk mengatasi permasalahan tersebut pemerintah berupaya mencetak sawah bukaan baru terutama diarahkan pada lahan-lahan kering di luar Pulau Jawa, seperti Pulau Sumatera dan Kalimantan. Kusumaningtyas *et al.* (2015) mengemukakan bahwa tanah tergenang dapat mengakibatkan terjadinya perubahan sifat-sifat kimia tanah yaitu reaksi reduksi yang menjadi lebih dominan, Menurut Munandar *et al.* (2018); Nursyamsi *et al.* (1996), perubahan proses kimia yang berlangsung akibat penggenangan, diantaranya: (1) turunnya potensial redoks dan (2) reduksi  $\text{Fe}^{3+}$  menjadi  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Mn}^{4+}$  menjadi  $\text{Mn}^{2+}$  yang larut dan dapat diserap tanaman. Syafruddin (2011); Hervianti *et al.* (2011) menambahkan bahwa dari aspek ketersediaan hara perubahan ini menguntungkan bagi tanaman, karena besi lebih tersedia dan dapat diserap oleh tanaman yaitu dalam bentuk fero ( $\text{Fe}^{2+}$ ), namun apabila reduksi berlebihan maka besi tersebut dapat larut melebihi dari kebutuhan tanaman, sehingga mengakibatkan keracunan tanaman.

Tanaman yang menyerap ion  $\text{Fe}^{2+}$  dalam jumlah berlebihan akan memperlihatkan gejala keracunan yang ditandai dengan timbulnya bercak-bercak merah coklat pada ujung daun mulai dari daun yang paling tua (Burbey *et al.* 1990 dalam Prasetyo *et al.* 2006). Hartatik *et al.* (2010) menambahkan bahwa keracunan ini mengakibatkan produksi padi menjadi rendah atau bahkan tanaman gagal berproduksi. Tingkat keracunan besi pada tanaman padi dipengaruhi oleh beberapa faktor yang terkait dengan kondisi tanah, kandungan mineral tanah, jumlah ion Fe yang dapat dipertukarkan, dan pH tanah. Penelitian pengendalian keracunan Fe pada lahan sawah bukaan baru telah banyak dilakukan. Nugraha dan Rumanti (2017) mengemukakan bahwa perbaikan untuk mengatasi keracunan besi di antaranya perbaikan drainase, pemberian bahan organik, pengapuran, ameliorasi tanah dan pemupukan dan penanaman varietas toleran. Koesrini *et al.* (2019) menambahkan bahwa varietas unggul toleran merupakan salah satu komponen teknologi yang berperan penting dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi pertanian pada lahan yang keracunan besi.

Pembenah tanah (amelioran) merupakan suatu bahan yang dapat digunakan untuk mempercepat pemulihan/perbaikan kualitas tanah (Haryani *et al.* 2019). Dariah *et al.* (2015) menambahkan bahwa bahan pembenah tanah sebagai bahan-bahan sintetis atau alami, organik atau mineral, berbentuk padat maupun cair yang mampu memperbaiki struktur tanah, dapat merubah kapasitas tanah menahan dan melalukan air, serta dapat memperbaiki kemampuan tanah dalam memegang hara, sehingga air dan hara tidak mudah hilang, namun tanaman masih mampu memanfaatkan air dan hara tersebut.

Amelioran terdiri dari amelioran organik dan amelioran anorganik. Amelioran organik merupakan bahan dari makhluk hidup yang mengalami pengomposan, memiliki unsur hara yang kompleks, namun dalam jumlah yang kecil. Amelioran anorganik adalah amelioran dari bahan mineral dan bahan organik yang diproses secara kimiawi, memiliki unsur hara cepat tersedia bagi tanaman karena reaksinya ionik (Alfian *et al.* 2017). Dariah *et al.* (2015) menambahkan bahwa pembenah organik dibagi menjadi pembenah tanah organik alami dan sintetis sedangkan pembenah tanah anorganik dibagi pembenah anorganik alami dan sintesis. Bahan amelioran dapat berupa amelioran organik (pupuk kandang, pupuk hijau) dan bahan mineral berupa gipsum, kalsium, kapur, bentonit, pasir volkan, abu batu bara, dregs (Alfian *et al.* 2017; Sudirja *et al.* 2017; Kristiono *et al.* 2015).

Abu dasar (*bottom ash*) yang merupakan sisa dari pembakaran batubara sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan amelioran dan tidak ditemukan efek yang merugikan bagi tanah, tanaman, maupun lingkungan (Agustini 2016; James *et al.* 2012; Sell dan Introsch 1989). Menurut Park *et al.* (2012) abu dasar mengandung unsur hara makro (P, K, Ca, Mg dan S) dan mikro (Fe, Mn, Zn dan Cu) yang bermanfaat untuk pertumbuhan dan produksi tanaman. Abu dasar juga memiliki pH yang tergolong alkalis (pH 8-11), Iskandar *et al.* (2008) menyatakan bahwa pemberian abu batubara dapat meningkatkan pH dan ketersediaan kation basa pada tanah gambut. Agustini (2016) menambahkan bahwa pemberian abu dasar pada tanah Inceptisols dapat meningkatkan pertumbuhan, hasil, dan serapan N, P, K, Ca, Mg tanaman caisim.

Bahan organik seperti kotoran sapi juga dapat digunakan sebagai bahan amelioran. Suharyani *et al.* (2012) menyatakan bahwa kompos kotoran sapi berpengaruh nyata terhadap penurunan fiksasi P, sehingga meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah. Hartatik *et al.* (2012) menambahkan bahwa pemberian pupuk kandang meningkatkan hasil gabah kering 22,5%.

Tan (1998) menyatakan bahwa pemberian humus pada tanah yang mengandung unsur Fe dan Mn yang berlebihan dan terlarut akan membentuk kompleks. Utami dan Handayani (2003) menyatakan bahwa adanya senyawa organik memungkinkan terjadinya khelat, yaitu senyawa organik yang berikatan dengan kation logam seperti Fe dan Mn. Pada penelitian ini pemberian abu batubara berupa abu dasar yang memiliki pH tinggi, diharapkan dapat meningkatkan pH tanah, sehingga Fe akan mengendap dan unsur-unsur hara lainnya yang diperlukan menjadi lebih tersedia bagi tanaman. Sementara itu

senyawa organik yang berasal dari pemberian kompos kotoran sapi diharapkan dapat mengikat kation, khususnya Fe, sehingga efek keracunan Fe oleh tanaman dapat ditekan. Tujuan dari penelitian ini adalah menguji pengaruh amelioran abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap serapan hara, pertumbuhan dan hasil tanaman padi.

## Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2017 sampai Februari 2018 di rumah kaca, Balai Penelitian Tanah, Bogor. Percobaan dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah dosis abu dasar dengan empat taraf, yaitu 0,1; 2,5; dan 5 t ha<sup>-1</sup>, sedangkan faktor kedua adalah dosis kompos kotoran sapi, yaitu 0,5 dan 10 t ha<sup>-1</sup> (Tabel 1). Media tanam yang digunakan seberat 8 kg tanah kering udara pot<sup>-1</sup>. Masing-masing percobaan diulang sebanyak tiga kali sehingga secara keseluruhan terdapat 36 pot percobaan.

Media tanam yang digunakan adalah contoh tanah Oxisols lahan kering yang dikondisikan sebagai sawah bukaan baru yang diambil dari Gunung Sindur, Kabupaten Bogor (-6.388442, 106.691837). Contoh Tanah seberat 8 kg kering udara/pot dikondisikan di rumah kaca mendekati kondisi sawah bukaan baru melalui proses penggenangan selama 10 hari dan dilakukan pengadukan secara berulang pagi dan siang sehingga terjadi proses pelumpuran, sehingga kondisi tanah mendekati sifat-sifat tanah bukaan baru. Selanjutnya bahan amelioran dicampur dengan media tanam hingga homogen dan diinkubasi selama tujuh hari.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan dosis abu dasar (A) dan kompos kotoran sapi (K)

Table 1. Treatment combination of bottom ash (A) and cow manure compost dose (K)

Perlakuan	Dosis abu dasar	Dosis kompos kotoran sapi
	.....t ha <sup>-1</sup> .....	
A0K0	0	0
A0K1	0	5
A0K2	0	10
A1K0	1	0
A1K1	1	5
A1K2	1	10
A2K0	2,5	0
A2K1	2,5	5
A2K2	2,5	10
A3K0	5	0
A3K1	5	5
A3K2	5	10

Tanaman indikator yang digunakan adalah padi varietas Inpari 33. Persemaian dilakukan dengan menggunakan tray selama dua minggu. Penanaman bibit padi dilakukan pada media tanam yang telah siap, masing-masing tiga tanaman untuk masing-masing pot. Selanjutnya dilakukan irigasi terputus dengan interval satu minggu, dengan tinggi genangan air setinggi 3 cm dari permukaan tanah, kemudian didrainase hingga kondisi tanah macak-macak. Nurmegawati (2018) menyatakan bahwa kondisi tanah macak macak pada tanaman akan mempengaruhi kadar Fe dan Mn selama pertumbuhan tanaman.

Tabel 2. Parameter yang diukur dan metode pengukurannya

Table 2. Measured parameters and measurement method

Variabel analisis	Metode
Analisis tanah	
pH (H <sub>2</sub> O)	H <sub>2</sub> O (1:5)
Fe-dithionit (%)	Ekstrak dithionit-sitrat bikarbonat
Fe-oksalat (%)	Ekstrak Amonium Oksalat 0,2 M pH 3
Fe <sub>DTPA</sub> (ppm)	Ekstrak DTPA
Mn <sub>DTPA</sub> (ppm)	Ekstrak DTPA
K-dd (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	Ekstrak NH <sub>4</sub> OAc 1 N pH 7
Ca-dd dan Mg-dd (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	Ekstrak NH <sub>4</sub> OAc 1 N pH 7
Analisis serapan hara tanaman	
N (%)	Pengabuan basah dengan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
P (%)	Pengabuan basah dengan HNO <sub>3</sub> dan HClO <sub>4</sub>
K (%)	Pengabuan basah dengan HNO <sub>3</sub> dan HClO <sub>4</sub>
Ca (%)	Pengabuan basah dengan HNO <sub>3</sub> dan HClO <sub>4</sub>
Mg (%)	Pengabuan basah dengan HNO <sub>3</sub> dan HClO <sub>4</sub>
Fe (%)	Pengabuan basah dengan HNO <sub>3</sub> dan HClO <sub>4</sub>
Mn (%)	Pengabuan basah dengan HNO <sub>3</sub> dan HClO <sub>4</sub>
Pertumbuhan dan hasil tanaman	
Tinggi tanaman (cm)*	Menggunakan meteran
Jumlah malai (helai)	
Panjang malai (cm)	Menggunakan meteran
Berat malai (g)	Menggunakan timbangan analitik
Berat gabah bernas (g)	Menggunakan timbangan analitik
Berat kering jerami (g)	Menggunakan timbangan analitik

\*) diukur dari pangkal batang/permukaan tanah sampai ujung batang

Pemupukan berdasarkan rekomendasi Katam Terpadu untuk Kecamatan Gunung Sindur (Balitbangtan 2017), yaitu dengan dosis urea 300 kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 75 kg ha<sup>-1</sup> dan KCl 50 kg ha<sup>-1</sup>. Pupuk SP-36 diberikan seluruhnya pada saat tanam, pupuk KCl diberikan dalam dua tahap dan pupuk urea diberikan dalam tiga tahap. Pemupukan ke-1 dilakukan satu minggu setelah tanam dengan dosis urea 100 kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 75 kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 25 kg ha<sup>-1</sup>. Pemupukan tahap ke-2 pada umur empat minggu setelah tanam dosis urea 100 kg ha<sup>-1</sup> dan KCl 25 kg ha<sup>-1</sup>. Pemupukan tahap ke-3 pada umur delapan minggu setelah tanam dengan dosis urea 100 kg ha<sup>-1</sup>.

Pengamatan dilakukan terhadap sifat kimia tanah setelah panen. Tanah diambil pada masing-masing perlakuan pada media tanam. Selanjutnya tanah tersebut dianalisis untuk sifat kimia tanah yaitu pH, Fe<sub>DTPA</sub>, Mn<sub>DTPA</sub>, K-dd, Mg-dd, Ca-dd, kejenuhan basa tanah. Tinggi tanaman (pada saat pertumbuhan) pada umur tanaman 2, 4, 6, dan 8 minggu setelah tanam. Komponen hasil (jumlah malai, panjang malai, berat malai, berat kering jerami) dan produksi (berat gabah bernas), serta serapan hara (N, P, K, Ca, Mg, Fe dan Mn). Parameter pengamatan dan metode pengukurannya disajikan pada Tabel 2. Data dianalisis dengan menggunakan sidik ragam (*Anova*) pada selang kepercayaan 95% dan perlakuan yang berpengaruh nyata diuji lanjut menggunakan uji selang berganda *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) taraf 5%.

**Sifat Kimia Media Tanam**

Tanah yang digunakan sebagai media tanam diambil pada tanah lahan kering. Menurut Sukristiyonubowo *et al.* (2019) sawah bukaan baru dapat didefinisikan dari dua aspek, yaitu dimensi waktu dan sifat tanahnya. Waktu sejak sawah tersebut dibuka. Biasanya sawah yang dicetak dalam 10 tahun terakhir dikategorikan sawah bukaan baru dan belum terbentuknya lapisan tapak bajak.

Media tanam yang digunakan mempunyai sifat kimia tanah sebagai berikut: pH H<sub>2</sub>O 4,01 (sangat masam), kadar hara makro sangat rendah sampai rendah, KTK 18,4 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (sedang), dan KB 11,9% (sangat rendah). Kadar Fe-dithionit dan Fe-oksalat masing-masing 0,87% dan 0,58%. Sementara itu kadar Fe dan Mn hasil ekstraksi dengan DTPA masing-masing 58,28 ppm dan 372 ppm. Menurut Hidayat *et al.* (2002) Fe-dithionit menggambarkan kadar Fe yang berasal dari hidrous-oksida besi yang bersifat kristalin dan amorf, sedangkan Fe-oksalat menggambarkan kondisi Fe yang berasal dari oksida besi yang bersifat amorf, dimana besi ini lebih berperan aktif dibanding yang kristalin.

**Karakteristik Amelioran yang Digunakan**

Bahan amelioran yang digunakan adalah abu dasar batubara dan kompos kotoran sapi. Simanungkalit *et al.* (2006) menjelaskan bahwa karakteristik umum dari kompos yaitu mengandung unsur hara dalam jenis dan jumlah bervariasi tergantung bahan asal, menyediakan unsur hara secara lamban (*slow release*) dan dalam jumlah terbatas, serta mempunyai fungsi utama memperbaiki kesuburan tanah.

Abu dasar yang digunakan sebagai bahan amelioran berasal dari PLTU Paiton dengan karakteristik kimia sebagai berikut: pH H<sub>2</sub>O 6,60; SiO<sub>2</sub> 57,8%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13,79%; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 16,93%; K<sub>2</sub>O 1,38%; Na<sub>2</sub>O 0,26%; CaO 4,83%; MgO 2,43%; TiO<sub>2</sub> 1,03%; MnO 0,10%; dan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,026%. Kompos kotoran sapi yang digunakan mengandung kadar air 23,74%; C-total 12,80%; N-total 1,53%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-total 0,78%; K<sub>2</sub>O total 1,13%; KTKnya 18,77 cmol(+) kg<sup>-1</sup> dengan basa-basa K-dd, Na-dd, Ca-dd serta Mg-dd masing-masing 16,31 cmol(+) kg<sup>-1</sup>, 5,21 cmol(+) kg<sup>-1</sup>, 19,66 cmol(+) kg<sup>-1</sup> g; dan 9,14 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (Agustini, 2016).

**Hasil dan Pembahasan**

**Sifat Kimia Tanah setelah Panen Padi**

Pengaruh pemberian abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap sifat kimia tanah setelah panen disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Pengaruh abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap pH tanah

Table 3. Effects of bottom ash and cow manure compost on soil pH

Abu Dasar	Kompos kotoran sapi		
	0	5	10
.....t ha <sup>-1</sup> .....			
0	4,49 a	4,56 a	4,48 a
1	4,56 a	4,54 a	4,42 a
2,5	4,61 b	4,49 b	4,46 a
5	4,61 b	4,49 b	4,47 a

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

Pada Tabel 3 terlihat bahwa ada pengaruh interaksi pemberian abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap pH tanah. Perlakuan tanpa kompos 0 t ha<sup>-1</sup> dan pemberian abu dasar 0 t ha<sup>-1</sup> dan 1 t ha<sup>-1</sup> berpengaruh tidak nyata terhadap pH tanah, namun berpengaruh nyata pada saat pemberian 2,5 dan 5 t ha<sup>-1</sup>. Hal serupa terjadi pada pemberian kompos 5 t ha<sup>-1</sup>, akan tetapi pemberian 10 t ha<sup>-1</sup> kompos kotoran sapi tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah pada pemberian abu dasar 0,1; 2,5 dan 10 t ha<sup>-1</sup>.

Tabel 4. Pengaruh abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap  $Fe_{DTPA}$ ,  $Mn_{DTPA}$ , kation-kation basa dan kejenuhan basa  
 Table 4. Effects of bottom ash and cow manure compost on soil  $Fe_{DTPA}$ ,  $Mn_{DTPA}$ , exchangeable cations and base saturation

Perlakuan t ha <sup>-1</sup>	$Fe_{DTPA}$ .....ppm.....	$Mn_{DTPA}$ .....	K-dd .....cmol(+) kg <sup>-1</sup> .....	Mg-dd	Ca-dd	Kejenuhan basa %
Dosis abu dasar						
0	170 a	700 a	0,26 a	0,39 a	1,75 a	14,97 a
1	188 a	666 a	0,26 a	0,40 a	1,88 a	15,15 a
2,5	140 a	673 a	0,25 a	0,43 a	1,84 a	15,11 a
5	144 a	668 a	0,25 a	0,40 a	1,74 a	14,81 a
Dosis kompos kotoran sapi						
0	172 a	672 a	0,23 a	0,39 a	1,69 a	14,24 a
5	168 a	676 a	0,27 b	0,40 a	1,80 ab	14,94 ab
10	141 a	683 a	0,27 b	0,43 a	1,93 b	15,94 b

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

Pemberian abu dasar 0 t ha<sup>-1</sup> dan 1 t ha<sup>-1</sup> dengan kompos 0 dan 5 t ha<sup>-1</sup> tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah namun dengan dosis 2,5 dan 5 t ha<sup>-1</sup> abu dasar berpengaruh nyata terhadap pH tanah.

Pada Tabel 4 terlihat bahwa peningkatan dosis abu dasar dan kompos kotoran sapi tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar  $Fe_{DTPA}$  dan  $Mn_{DTPA}$ . Hal ini diduga karena dosis yang diberikan terlalu kecil sehingga penurunan secara nyata belum terlihat. Pemberian kompos kotoran sapi mampu menurunkan kadar Fe karena diproduksinya asam-asam organik sehingga terjadi ikatan antara senyawa organik dengan Fe. Menurut Munawar (2011) pemberian kompos kotoran sapi mampu menurunkan kadar Fe-dd. Hal ini didukung oleh Tan (1998) yang menyatakan bahwa senyawa organik pada tanah masam akan mengkelat fraksi-fraksi logam sehingga ketersediaan logam menurun.

Pemberian kompos kotoran sapi memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan kation-kation basa (K-dd, Mg-dd dan Ca-dd) dan kejenuhan basa. Kompos kotoran sapi memiliki kemampuan untuk mengikat dan melepaskan unsur-unsur alkali seperti K, Ca dan Na. Munawar (2011) menyatakan bahwa kemampuan bahan organik dalam berinteraksi dengan ion-ion yang bermuatan positif menjadikan unsur hara mudah tersedia bagi tanaman. Meningkatnya K-dd tanah akibat pemberian kompos kotoran sapi terjadi karena bahan organik juga berfungsi sebagai sumber unsur hara termasuk kalium.

Pemberian pupuk organik dapat meningkatkan daya larut unsur N, P, K, Ca dan Mg, meningkatkan C-organik, kapasitas tukar kation, kapasitas tanah memegang air, menurunkan kejenuhan Al dan bobot isi tanah. Pemberian bahan organik berbeda jenis dan dosis dalam bentuk pupuk

organik seperti pupuk kandang dan kompos dari sisa residu tanaman dapat memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah (Soepardi (1983), Marpaung *et al.* (2019)).

#### Kadar Unsur-unsur Hara dalam Tanaman

Pengaruh pemberian abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap serapan hara N, P, K, Ca, Mg, Fe dan Mn tanaman dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6. Pemberian abu dasar tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar unsur-unsur di atas, sedangkan pemberian kompos kotoran sapi dengan dosis 10 t ha<sup>-1</sup> berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar P dan K.

Kandungan Fe dalam jaringan tanaman padi (berkisar antara 1,24-1,62%) lebih tinggi dibanding kandungan Mn (berkisar antara 0,46-0,54%). Tingginya kandungan Fe dalam jaringan tanaman tersebut membuat tanaman mengalami keracunan dengan gejala bercak merah pada daun. Menurut Sahrawat (2000) batas kritis kadar Fe dalam tanaman padi yang menyebabkan toksisitas Fe berkisar antara 0,03-0,05%, sedangkan hasil penelitian Nozoe *et al.* (2008) menunjukkan bahwa batas kritis toksisitas Fe pada tanaman padi berkisar antara 0,05-0,20%. Dengan demikian maka pemberian abu dasar dan kompos dengan dosis tersebut di atas belum mampu menanggulangi keracunan Fe.

Tingginya kandungan Fe dalam jaringan tanaman sangat dipengaruhi oleh kandungan hara dalam tanah. Terlihat bahwa kandungan  $Fe_{DTPA}$  tanah berkisar antara 0,01-0,02% dengan pH 4,5 (Tabel 3). Hal ini sangat mempengaruhi kandungan Fe pada jaringan tanaman padi. Hasil-hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kandungan Fe dalam larutan yang menyebabkan keracunan Fe pada tanaman padi sangat beragam. Menurut Asch *et al.* (2005), kadar Fe dalam larutan yang

Tabel 5. Pengaruh abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap terhadap kadar hara tanaman padi

Table 5. Effect of bottom ash and cow manure compost on the nutrient content of rice plants

Perlakuan t ha <sup>-1</sup>	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn
Abu dasar	.....%						
0	3,24 a	0,32 a	0,83 a	0,40 a	0,08 a	1,52 a	0,53 a
1	3,33 a	0,30 a	0,79 a	0,17 b	0,07 b	1,23 a	0,49 a
2,5	3,40 a	0,31 a	0,77 a	0,18 b	0,08 ab	1,54 a	0,53 a
5	3,26 a	0,30 a	0,77 a	0,24 ab	0,08 a	1,62 a	0,54 a
Kompos kotoran sapi	.....%						
0	3,49 a	0,30 a	0,70 a	0,26 a	0,07 a	1,38 a	0,52 a
5	3,31 a	0,30 a	0,74 a	0,25 a	0,07 a	1,52 a	0,52 a
10	3,12 a	0,33 b	0,93 b	0,24 a	0,07 a	1,53 a	0,53 a

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

Tabel 6. Pengaruh abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap serapan hara oleh tanaman padi

Table 6. Effects of bottom ash and cow manure compost on the nutrient uptake of paddy plants

Perlakuan t ha <sup>-1</sup>	N	P	K	Ca	Mg
Abu dasar	.....mg tanaman <sup>-1</sup> .....				
0	77,77 a	0,80 a	21,23 a	9,38 a	1,90 a
1	76,14 a	0,73 a	20,87 a	4,29 b	1,61 a
2,5	71,94 a	0,70 a	18,51 a	4,51 b	1,54 a
5	76,17 a	0,62 a	16,66 a	4,19 b	1,62 a
Kompos kotoran sapi	.....mg tanaman <sup>-1</sup> .....				
0	49,44 a	0,44 a	10,22 a	3,71 a	1,05 a
5	72,01 b	0,66 b	16,69 b	5,35 ab	1,62 b
10	98,30 c	1,04 c	31,04 c	7,71 b	2,34 c

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

menyebabkan keracunan bervariasi sangat luas berkisar antara 0,001-0,05 % Fe, sedangkan penelitian Majerus *et al.* (2007) dan Mehraban *et al.* (2008) menunjukkan kadar Fe dalam larutan hara 250-500 ppm dengan pH 4,5-6,0 meningkatkan secara nyata kadar Fe dalam jaringan tanaman padi dan menunjukkan gejala keracunan Fe pada tanaman yang peka. Hasil penelitian Dorlodot *et al.* (2005) pada konsentrasi Fe dalam larutan hara >250 ppm menunjukkan gejala toksisitas Fe dan menurunnya pertumbuhan tanaman padi. Selain disebabkan oleh tingginya kadar Fe larut, toksisitas Fe juga dipengaruhi oleh pH larutan. Konsentrasi Fe dalam tanah yang menyebabkan toksisitas Fe bervariasi dengan pH dalam larutan tanah. Batas kritis konsentrasi Fe dalam larutan tanah yang menyebabkan toksisitas Fe adalah sekitar 100 ppm pada pH 3,7 dan 300 ppm atau lebih tinggi pada pH 5,0 (Sahrawat 2010). Perlakuan yang diberikan baik abu dasar maupun kompos kotoran sapi tidak memberikan respon terhadap Fe, ini diduga karena dosis yang diberikan masih terlalu rendah terutama pemberian abu dasarnya. Hal ini didukung oleh penelitian Agustini (2016) yang

merekomendasikan dosis abu dasar dan kompos kotoran sapi untuk keperluan amelioran pada tanah mineral masam yaitu 80 t ha<sup>-1</sup> abu dasar dengan 10 t ha<sup>-1</sup> kompos kotoran sapi.

### Tinggi Tanaman dan Produksi Tanaman Padi

#### Tinggi Tanaman

Pengaruh abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap tinggi tanaman dapat dilihat pada Tabel 7. Tidak ada interaksi antara pemberian abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap tinggi tanaman namun terlihat bahwa abu dasar memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap peningkatan tinggi tanaman. Dosis abu dasar 5 t ha<sup>-1</sup> memberikan tinggi tanaman tertinggi dibandingkan dengan 0 t ha<sup>-1</sup>.

Adanya perbedaan nyata dengan pemberian abu dasar, hal ini diduga karena abu dasar mempunyai kandungan SiO<sub>2</sub> yang cukup tinggi sebesar 57,8%. Si merupakan salah satu unsur yang mampu meningkatkan pertumbuhan beberapa tanaman dan diperlukan dalam jumlah besar oleh

tanaman terutama famili *Angiospermae* seperti padi dan tebu. Menurut Makarim *et al.* (2007) silikon merupakan salah satu unsur yang mampu meningkatkan pertumbuhan beberapa tanaman. Silikon bukanlah unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman tetapi secara tidak langsung memengaruhi proses metabolisme melalui pembentukan struktur tubuh tanaman yang kuat dan diperlukan untuk pertumbuhan tanaman yang lebih baik serta mampu mempertahankan produksi tanaman dalam keadaan lingkungan yang kurang menguntungkan. Fitriani dan Hartati (2016) menyatakan bahwa fungsi Si yang lain yaitu memperkuat batang tanaman sehingga dapat mengurangi kerobohan, menekan laju transpirasi sehingga efisien dalam menggunakan air dan lebih tahan terhadap kekeringan. Jika dilihat dari peranannya secara tidak langsung Si dapat meningkatkan produksi tanaman, sehingga pemupukan Si sebenarnya diperlukan untuk pertumbuhan tanaman.

Tabel 7. Pengaruh abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap tinggi tanaman padi umur 8 MST

Table 7. Effect of bottom ash and cow manure compost on rice plant height 8 weeks after planting

Perlakuan t ha <sup>-1</sup>	Tinggi tanaman (cm) cm
Dosis abu dasar	
0	68,56 a
1	70,00 a
2,5	74,11 b
5	74,78 b
Dosis Kompos Kotoran Sapi	
0	71,92 a
5	71,17 a
10	72,50 a

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

#### Produksi tanaman

Tidak ada interaksi pemberian abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap produksi tanaman namun pemberian kompos kotoran sapi berpengaruh nyata terhadap produksi tanaman (Tabel 8).

Pemberian abu dasar tidak berpengaruh nyata terhadap komponen produksi tanaman dan sebaliknya pemberian kompos kotoran sapi nyata meningkatkan komponen produksi tanaman, yaitu jumlah malai, berat malai, panjang malai, berat gabah bernas, berat kering jerami. Pemberian kompos kotoran sapi dosis 10 t ha<sup>-1</sup> mampu meningkatkan berat kering gabah bernas 10,50 g pot<sup>-1</sup>

setara dengan 2,62 t ha<sup>-1</sup> dan berat kering jerami sebesar 24,85 g pot<sup>-1</sup> dan setara dengan 6,22 t ha<sup>-1</sup>. Persentase peningkatan gabah bernas mencapai 337,5% dibandingkan dengan kontrol. Hasil tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Herviyanti dan Asmar (2005) pada tanah Ultisols dengan perlakuan senyawa organik tidak ter-ion (polisakarida) 225 ppm pada sawah bukaan baru yang hanya mampu meningkatkan berat kering gabah sebesar 0,95 t ha<sup>-1</sup> dan presentase gabah bernas sebesar 45%.

Produksi berat kering gabah tertinggi dari pemberian kompos 10 t ha<sup>-1</sup> yaitu 10,50 g pot<sup>-1</sup> (2,63 t ha<sup>-1</sup>) masih jauh dari rata-rata hasil (6,6 t ha<sup>-1</sup>) maupun potensi hasilnya yaitu 9,8 t ha<sup>-1</sup> (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian 2017). Namun demikian produksi gabah tersebut masih lebih tinggi dibandingkan dengan produksi gabah pada lahan dengan toksisitas berat (0,8 t ha<sup>-1</sup>), dan setara dengan produksi gabah pada lahan toleran moderat (2,1 t ha<sup>-1</sup> dan 2,6 t ha<sup>-1</sup>) (Suhartini dan Makarim 2009).

Rendahnya produksi gabah pada lahan sawah bukaan baru terjadi karena faktor lingkungan, yaitu kesuburan tanah. Tingginya kandungan Fe pada tanah dan jaringan tanaman menyebabkan tanaman mengalami keracunan, sehingga pertumbuhan dan produksinya menurun. Menurut Makarim *et al.* (1993) bahwa hasil maksimal merupakan potensi hasil yang besarnya beragam menurut kondisi iklim terutama radiasi matahari dan suhu serta kesuburan tanah yang sifatnya spesifik lokasi. Noor *et al.* (2012) menambahkan bahwa semakin tinggi kadar Fe tanaman, maka pertumbuhan tanaman semakin terhambat. Demikian juga semakin tinggi kadar Fe dalam larutan media, maka gejala toksisitas Fe pada tanaman semakin meningkat.

#### Kesimpulan

Pemberian abu dasar hingga 5 t ha<sup>-1</sup> dan kompos kotoran sapi hingga 10 t ha<sup>-1</sup> tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan hara dan serapan hara N, P, K, Fe dan Mn tanaman. Pemberian abu dasar tidak berpengaruh terhadap produksi tanaman padi sedangkan pemberian kompos kotoran sapi 10 t ha<sup>-1</sup> mampu meningkatkan berat gabah bernas dan berat kering jerami secara nyata dibanding pemberian kompos kotoran sapi 5 t ha<sup>-1</sup>. Dapat dilakukan penelitian lanjutan dengan dengan dosis abu dasar yang lebih tinggi.

Tabel 8. Pengaruh abu dasar dan kompos kotoran sapi terhadap produksi tanaman

Table 8. Effects of bottom ash and cow manure compost on rice yield

Treatment	Jumlah malai	Panjang malai	Berat malai	Berat gabah bernas	Berat kering jerami
t ha <sup>-1</sup>	helai pot <sup>-1</sup>	cm pot <sup>-1</sup>	.....gr pot <sup>-1</sup> .....		
Abu dasar					
0	9,33 a	18,52 a	9,32 a	5,40 a	19,07 a
1	9,56 a	18,77 a	10,73 a	6,60 a	18,36 a
2,5	8,67 a	19,12 a	10,19 a	6,30 a	17,50 a
5	9,67 a	18,38 a	9,00 a	5,00 a	16,10 a
Kompos kotoran sapi					
0	6,75 a	17,36 a	4,63 a	2,40 a	11,27 a
5	9,08 b	18,24 a	7,82 a	4,57 a	27,13 b
10	12,08 c	20,49 b	17,00 b	10,50 b	24,85 c

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

### Daftar Pustaka

- Agustini RY. 2016. Respon tanah mineral masam dan tanaman caisim (*Brassica juncea*) terhadap pemberian abu dasar (*bottom ash*) dan kompos kotoran sapi sebagai amelioran tanah [thesis]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana IPB. Hal 62.
- Alfian, Nelvia dan AL. Amri. 2017. Pengaruh pemberian amelioran organik dan anorganik pada media *subsoil* ultisol terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) di Pre Nursery. JOM FAPERTA. 4(2):1-12.
- Asch F, Becker M, Kpongor DS. 2005. A quick and efficient screen for tolerance to iron toxicity in lowland rice. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168:764-773.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2017. Deskripsi varietas unggul baru padi. Kementerian Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hal 65.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2017. Katam terpadu Kabupaten Bogor Provinsi Jawa Barat musim kemarau April September 2017. Kementerian Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hal 89.
- Dorlodot S, Lutts S, Bertin P. 2005. Effect of ferrous iron toxicity on the growth and mineral competition of an interspecific rice. J. Plant Nutr. 28:1-20.
- Fitriani HP, Haryanti S. 2016. Pengaruh penggunaan pupuk nanosilika terhadap pertumbuhan tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*) var. Bulat. Buletin Anatomi dan Fisiologi. 24(1):34-41.
- Hartatik W, Sulaeman, Kasno K. 2010. Perubahan Sifat Kimia Tanah dan Ameliorasi Sawah Bukaan Baru. Di dalam: Agus.F, Wahyunto dan D. Santoso, Editor. Tanah sawah bukaan baru. Bogor (ID). BBSDL Pr. Hal 53-76.
- Haryani. U, S. Sutono, IGM. Subiksa. 2019. Pengaruh amelioran terhadap perbaikan sifat tanah dan produksi cabai rawit (*capsicum frutescens*) pada lahan bekas tambang timah. Jurnal Tanah dan Iklim. 43(2):127-138.
- Herviyanti dan Asmar. 2005. Potensi senyawa organik tidak ter-ion dalam mengurangi kelarutan besi (Fe) untuk meningkatkan produktifitas tanah sawah bukaan baru. Jurnal Solum. II(1):40-49.
- Herviyanti, T. Budi Prasetyo, F. Ahmad, Dan M. Harianti. 2011. Upaya mengendalikan keracunan besi (Fe) dengan bahan humat dari kompos jerami padi dan pengelolaan air untuk meningkatkan produktivitas lahan sawah bukaan baru di Sitiung, Sumatera Barat. Jurnal Tanah dan Iklim. 34:40-47.
- Hidayat. A, S. Hardjowigeno, M. Soekardi, S. Sabiham. 2002. Peranan oksida besi terhadap sifat tanah berpelapukan lanjut. Jurnal Tanah dan Iklim. 20:47-56.
- Iskandar, Suwardi, Ramadina EFR. 2008. Pemanfaatan bahan ameliorant abu terbang pada lingkungan gambut: (1) Pelepasan hara makro. Jurnal Tanah Indonesia. 1(1):1-6
- James AK, Thring RW, Helle S, Ghuman HS. 2012. Ash management review applications of biomass bottom ash. Journal Energies. 5:3856-3873.
- Koesrini, M. Alwi, M.Saleh. 2019. Keragaan hasil varietas unggul padi pada dua musim tanam di lahan rawa wilayah perbatasan Kalimantan Barat. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. 3(2):53-59.
- Kristiono. A, S. Wahyuningsih dan A. Taufiq. 2015. Tanggap tanaman kacang tanah terhadap pemberian amelioran pada tanah salin. Buletin Palawija. 13(1):55-63.
- Makarim AK, Suhartatik E, Kartohardjono A. 2007. Silikon: Hara Penting pada Sistem Produksi Padi. Iptek Tanaman Pangan. 2 (2):195-204.

- Makarim AK, Hidayat A, Roechan S, Nasution I, Muhadjir MF, Ningrum S, Djazuli M, Murtado. 1993. Status P dan pendugaan keperluan pupuk pada padi sawah. Dalam: Prosiding Lokakarya Penelitian Komoditas dan Studi Khusus 1992. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Jakarta. Volume 3: Path. Hal 199-209.
- Majerus V, Bertin P, Lutts S. 2007. Effects of iron toxicity on osmotic potential, osmolytes and polyamines concentrations in the African rice (*Oryza glaberrima* Steud.). *Plant Sci.* 173:96-105.
- Marpaung. AE, BK, Udiarto, L. Lukman, dan Hardiyanto. 2018. Potensi pemanfaatan formulasi pupuk organik sumber daya lokal untuk budidaya kubis. *J. Hort.* 28(2):191-200.
- Mehraban P, Zadeh AA, Sadeghipour HR. 2008. Iron toxicity in rice (*Oryza sativa* L.) under different potassium nutrition. *Asian J. Plant Sci.* 7:251-259.
- Munawar A. 2011. Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman. Bogor (ID): IPB Pr. Hal 237
- Munandar.A, Nazir dan Zuraida. 2018. Pengaruh teknik penggenangan tanaman padi terhadap beberapa sifat kimia tanah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian.* 3(3):1-10
- Noor A, Lubis I, Ghulamahdi M, Chozin MA, Anwar K, Wirnas D. 2012. Pengaruh konsentrasi besi dalam larutan hara terhadap gejala keracunan besi dan pertumbuhan tanaman padi. *J. Agron. Indonesia.* 40(2):91-98.
- Nozoe T, Agbisiti R, Fukuta Y, Rodriguez R, Yanagihara S. 2008. Characteristics of iron tolerant rice lines developed at IRRI under field conditions. *JARQ.* 42:187-192.
- Nugraha. Y dan IA. Rumanti. 2017. Perakitan Varietas Padi Toleran Keracunan Besi. *Iptek Tanaman Pangan.* 12(1): 9-24.
- Nurmegawati. 2018. Pengaruh Abu Dasar (*Bottom Ash*) dan Kompos Kotoran Sapi Terhadap Sifat Kimia Tanah Sawah Bukaannya Baru [thesis]. Bogor (ID): Sekolah Pascasarjana IPB. Hal 73.
- Nursyamsi D, Setyorini D, Adiningsih JS. 1996. Pengelolaan hara dan pengaturan drainase untuk menanggulangi kendala produktivitas sawah baru. Di dalam Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Buku II Bidang Kesuburan dan Produktivitas Tanah 1995 September 26-28; Cisarua Bogor. Bogor (ID). Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.
- Park ND, Rutherford PM, Thring RW, Helle SS. 2012. Wood pellet fly ash and bottom ash as an effective liming agent and nutrient source for rye grass (*Lolium perenne* L.) and oats (*Avena sativa*). *Chemosphere* 86:427-432.
- Prasetyo TB, Ruhaimah, Wardhana SA. 2006. Pengaruh pengelolaan air terhadap konsentrasi besi (Fe) pada sawah bukaan baru. *J Solum.* 3(1):8-18.
- Prasetyo TB, Yasin S, Yeni E. 2010. Pengaruh pemberian abu dasar sebagai sumber silika (Si) bagi pertumbuhan dan produksi tanaman padi (*Oryza sativa* L.). *J Solum.* 7(1):1-6.
- Purwaningsih Y, Sutomo, N.Istiqomah. 2015. Analisis dampak alih fungsi lahan terhadap tingkat ketahanan pangan rumah tangga petani di karanganyar, Jawa Tengah. *Jurnal Agraris.* 1(2): 98-107.
- Sahrawat. KL. 2010. Reducing iron toxicity in lowland rice with tolerant genotypes and plant nutrition. *Plant Stress* 4:70-75.
- Septiofani.RO, S.Subiyanto, A.Sukmono. 2016. Analisis perubahan luas lahan sawah di kabupaten kendal menggunakan citra resolusi tinggi (studi kasus: Kec. Kaliwungu, Kec. Brangsong, Dan Kec. Kota Kendal). *Jurnal Geodesi Undip.* 5(1):98-106.
- Sell N, Introsih TM. 1989. The agronomic landspreading of coal bottom ash : using a regulated solid waste as a resource. *Resource, Conservating and Recycling.* 2:119-129.
- Simanungkalit RDM, Suriadikarta DA, Saraswati R, Setyorini D, Hartatik W. 2012. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Hal 312.
- Soepardi G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah.* Jurusan Tanah IPB. Bogor. Hal 591.
- Suhartini T, Makarim AK. 2009. Teknik seleksi genotipe padi toleran keracunan besi. *J. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan.* 28:125-130.
- Sudirja. R, B. Joy, A.Yuniarti, E. Trinurani, O. Mulyani, dan A. Mushfiroh. 2017. Beberapa sifat kimia tanah inceptisol dan hasil kedelai (*Glycine max* L.) akibat pemberian bahan amelioran. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2017. P 198-205.
- Suharyani F, Kusmyati, Karno. 2012. Pengaruh metode perbaikan tanah salin terhadap serapan nitrogen dan fosfor rumput benggala (*Panicum maximum*). *Animal Agriculture journal.* 1(2):168-176.

- Sukristiyonubowo, D.Riyanto, Sugeng. Widodo. 2019. Pengaruh teknologi pemupukan terhadap kualitas tanah, pertumbuhan dan hasil padi varitas ciherang yang ditanam pada sawah bukaan baru di Dusun Kleseleon, Kabupaten Malaka, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Lahan Suboptimal*. 8(1):1-10.
- Suratman, Sukarman, Hariyadi. 2013. Peran amelioran tanah mineral dalam mengendalikan laju emisi CO<sub>2</sub> pada tanah gambut. *Prosiding seminar nasional pertanian ramah lingkungan, Bogor 29 Mei 2013*. Hal 633- 644.
- Utami, SNH dan S. Handayani . 2003. Sifat kimia Entisol pada sistem pertanian organik. *Ilmu Pertanian*. 10(2): 63-69.
- Tan KH 1998. *Dasar-dasar kimia tanah*. Yogyakarta (ID). UGM Pr. Hal 295.