

## Pengaruh Abu Terbang Batubara dan Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap pH, Eh serta Fe-Larut pada Lahan Sulfat Masam

Adam Febrius Udatama\*, Bambang Joko Priatmadi, Gusti Irya Ichriani

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Jenderal A. Yani KM 36 Simpang Empat, Banjarbaru 70714, Indonesia

\* Email penulis korespondensi: [adamfebriusudatama@gmail.com](mailto:adamfebriusudatama@gmail.com)

### Informasi Artikel

Received 19 Agustus 2024  
Accepted 22 November 2024  
Published 27 November 2024  
Online 27 November 2024

### Keywords :

Acid sulfate soils;  
Bioameliorant; Coal fly ash; Empty oil palm bunches; Soil chemical

### Abstract

The issue of acid sulfate soil in Indonesia, characterized by high acidity due to pyrite ( $\text{FeS}_2$ ) oxidation, produces sulfuric acid and iron oxide detrimental to agricultural productivity. The use of ameliorants such as coal fly ash (ATB) and empty oil palm bunches (TKKS) is expected to improve soil chemical conditions. The study aims to assess the impact of the ATB and TKKS combination on increasing pH, lowering Eh, and reducing soluble Fe concentration in acid sulfate soils, determining the most effective dose. The research method employs completely randomized design (CRD) with various doses of a combination of ATB and TKKS applied to acidic sulfate soil. Observations focus on changes in pH, redox potential (Eh), and soluble Fe concentration post-treatment. Results of study indicated that application of the ATB and TKKS combination given significant effect to increase soil pH and decreased Eh values. Certain dose combinations exhibit higher effectiveness than single treatments. In conclusion, the combined use of ATB and TKKS offers an efficient and environmentally friendly solution to acidity and iron solubility issues in acidic sulfate soils, supporting increased agricultural land productivity.

### 1. Pendahuluan

Indonesia memiliki sekitar 20,11 juta hektar lahan pasang surut, 6,7 juta hektar di antaranya merupakan lahan sulfat masam. Di Kalimantan Selatan, luas lahan pasang surut mencapai 110.894 hektar, dengan wilayah terluas berada di Kabupaten Banjar, yaitu 35.429 hektar (BBSDLP, 2014).

Teknologi penggunaan bahan amelioran terbukti meningkatkan produktivitas tanah sulfat masam. Amelioran yang baik harus mampu menetralkan senyawa beracun, meningkatkan pH, memperbaiki struktur tanah, kandungan unsur hara yang lengkap, dan memiliki kejenuhan basa tinggi. Beberapa amelioran yang dipergunakan adalah abu terbang batu bara (ATB) (Priatmadi et al., 2014), pupuk kotoran sapi (Tagele et al., 2023), serta kapur seperti kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) dan dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) yang membantu memperbaiki sifat kimia tanah (Afiat et al., 2023). Penambahan ATB sebanyak  $25 \text{ t ha}^{-1}$  –  $75 \text{ t ha}^{-1}$  ke tanah lahan kering mampu meningkatkan pH tanah, sebesar 5,13 – 6,67 dibandingkan tanah tanpa penambahan ATB dengan nilai pH 4,74 (Priatmadi et al., 2014). Amelioran berupa TKKS merupakan salah satu bahan organik yang dapat digunakan sebagai bahan pembenah tanah. Kompos TKKS memiliki pH 7,13 dan mengandung 0,54% P; 1,91% N-total; 1,51% K; 51,23% C-organik; 0,83% Ca; serta C/N rasio 26,82% (Hayat dan Andayani, 2014). Hasil identifikasi lain menunjukkan bahwa kompos TKKS mempunyai pH 9,41; C-organik sebesar 14,19%; N sebesar 6,28%; P sebesar 1,88%; K sebesar 2,51%; Ca sebesar 5,04%, dan C/N rasio sebesar 2,26 (Haitami dan Wahyudi, 2019). Aplikasi TKKS dengan dosis  $5 \text{ t ha}^{-1}$  bersama dengan biomassa *Chromolaena odorata* sebanyak  $10 \text{ t ha}^{-1}$  pada tanah sulfat masam dapat meningkatkan pH dari 5,26 menjadi 6,22 (Hayat dan Andayani, 2014). Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kombinasi kedua bahan amelioran tersebut terhadap beberapa sifat kimia tanah sulfat masam.

### 2. Metode Penelitian

Tanah diambil dari Desa Sungai Rangas, Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan ( $3^{\circ}20' 50'' \text{ LS}$ ,  $114^{\circ}46' 9'' \text{ BT}$ ). Tanah tersebut adalah tanah sulfat masam tipe aktual, dengan lapisan pirit ditemukan pada kedalaman 30 cm. Sampel tanah diambil kedalaman 0-30 cm dan ditempatkan dalam plastik sampel berukuran besar untuk menjaga agar tanah tetap jenuh air. Abu terbang batu bara (ATB) diperoleh dari PT. PLN Nusantara Power Pulang Pisau, Kalimantan Tengah. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) didapatkan dari PT. Perkebunan Nusantara XIII

Kabupaten Pelandari, Kalimantan Selatan. Bahan TKKS yang diambil adalah bahan TKKS yang telah mengalami pelapukan alami (sudah ditumpuk sekitar 3-4 bulan). Bahan TKKS ini dicacah dan dihaluskan sampai berbentuk serbuk sebelum diaplikasikan. Penelitian ini dilakukan dari bulan Juni hingga bulan Agustus 2023.

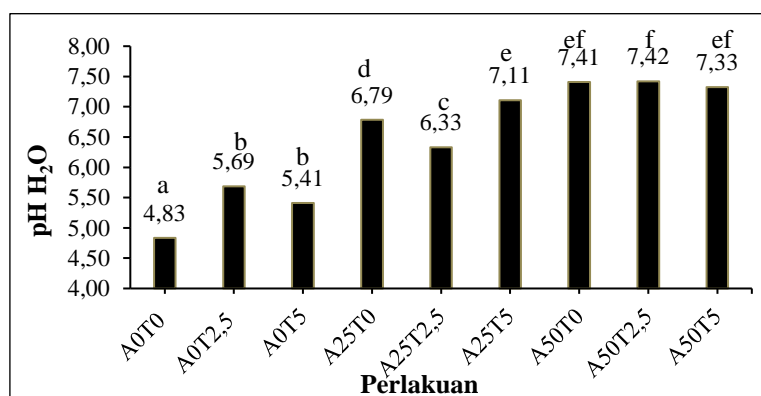
Penelitian berupa percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua faktor. Faktor pertama yaitu pemberian ATB : A0= ATB (0 t ha<sup>-1</sup>), A25 = ATB (25 t ha<sup>-1</sup>), A50= ATB (50 t ha<sup>-1</sup>). Faktor kedua yaitu pemberian TKKS : T0 = TKKS (0 t ha<sup>-1</sup>), T2.5 = TKKS (2,5 t ha<sup>-1</sup>), T5 = TKKS (5 t ha<sup>-1</sup>), sehingga diperoleh 9 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan diulang 3x, sehingga didapatkan 27 satuan percobaan.

Tanah pada setiap satuan percobaan ditimbang sebanyak 500 g tanah (kondisi basah) dan ditempatkan pada pot penelitian. Tanah tersebut diberikan perlakuan sesuai yang sudah ditentukan, dan diinkubasi selama 4 minggu. Kondisi tanah jenuh air (dengan tinggi genangan air 1 cm dari permukaan tanah) dipertahankan selama masa inkubasi. Pengamatan terhadap variabel pH-H<sub>2</sub>O (1:5), Eh tanah (metode *electrode glass*), dan Fe-larut (ekstrak ammonium asetat 1 N pH 4,8) dilakukan setelah masa inkubasi berakhir. Data hasil pengamatan yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam Uji-F, kemudian dilanjutkan dengan uji perbedaan nilai tengah menggunakan Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf  $\alpha$  5%.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Nilai pH (H<sub>2</sub>O) Tanah

Pemberian kombinasi ATB dan TKKS berinteraksi pengaruh sangat nyata pada kenaikan pH tanah. Pada Gambar 1 ditunjukkan bahwa perlakuan A25T5, A50T0 dan A50T5 memiliki hasil yang tidak beda nyata. sedangkan untuk nilai pH paling tinggi ada pada perlakuan A50T2,5 dengan nilai pH 7,42 dibandingkan A0T0 (kontrol) dengan nilai 4,83.



Gambar 1. Perubahan nilai pH-H<sub>2</sub>O (1:5) tanah akibat pemberian kombinasi ATB dan TKKS. A0 = ATB 0 t ha<sup>-1</sup>; A25 = ATB 25 t ha<sup>-1</sup>; A50 = ATB 50 t ha<sup>-1</sup>; T0 = TKKS 0 t ha<sup>-1</sup>; T2,5 = TKKS 2,5 t ha<sup>-1</sup>; T5 = TKKS 5 t ha<sup>-1</sup>. Diagram batang yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf uji DMRT  $\alpha$  5%.

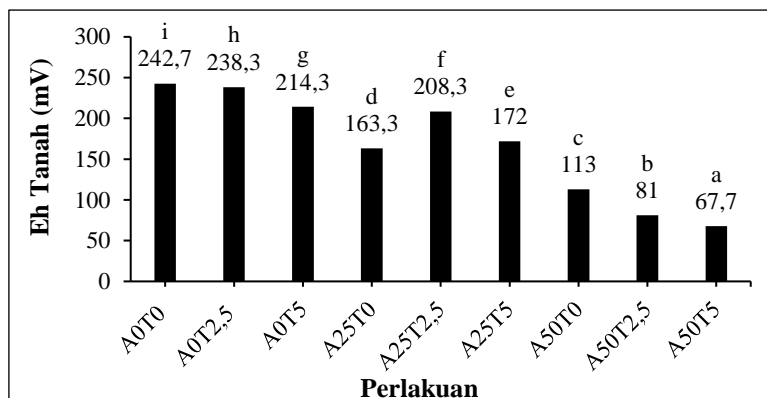
Pemberian kombinasi ATB dan TKKS berpengaruh signifikan untuk meningkatkan pH pada tanah sulfat masam. Kenaikan pH dikarenakan penambahan ATB yang bersifat alkalis, ATB memberikan kontribusi muatan negatif pada tanah dengan cara deprotonisasi ion H<sup>+</sup>, yang mengakibatkan pH tanah meningkat. (Priatmadi et al., 2014). Menurut Surbakti et al. (2023) ATB dari PT. PLN Nusantara Power Pulang Pisau memiliki kandungan CaO sebesar 16,51 %. Jika senyawa CaO ini bereaksi dengan air (H<sub>2</sub>O) akan menghasilkan OH<sup>-</sup> yang dapat mengikat H<sup>+</sup>. Pengaruh dari bahan organik terhadap peningkatan nilai pH tanah terjadi karena proses oksidasi dari anion asam organik. Oksidasi anion asam organik menyerap ion H<sup>+</sup> dan menghasilkan ion OH<sup>-</sup>, yang mengakibatkan peningkatan pH tanah (Saidy, 2018).

#### 3.2. Potensial Redoks (Eh) Tanah

Pemberian kombinasi ATB dan TKKS berpengaruh sangat nyata terhadap nilai Eh tanah. Gambar 2 menunjukkan nilai terendah pada Eh yang didapat ada pada perlakuan A50T5 dengan nilai 67,7 mV dan yang tertinggi ada pada perlakuan A0T0 (kontrol) dengan nilai 242,7 mV.

Vongvichiankul et al. (2017) menyatakan bahwasanya terdapat hubungan berbanding terbalik diantara pH dan Eh. Peningkatan pH biasanya diikuti oleh penurunan nilai Eh. Penurunan konsentrasi Eh disebabkan oleh penambahan ATB yang memberikan muatan negatif, serta adanya OH<sup>-</sup> yang terbentuk dari reaksi CaO dengan air (H<sub>2</sub>O), yang mengikat H<sup>+</sup> dan menurunkan konsentrasi ion H<sup>+</sup>. Penurunan ini juga mengurangi jumlah elektron dalam larutan tanah, yang selanjutnya menurunkan nilai Eh tersebut. Selain itu, penurunan Eh pada tanah sulfat

masam juga dipengaruhi oleh bahan organik dalam tanah. Gugus hidroksil dan karboksil membantu menyeimbangkan aktivitas ion  $H^+$ , sehingga menurunkan konsentrasi ion  $H^+$ . Proses penggenangan tanah juga menyebabkan penurunan  $O_2$ , yang lebih lanjut menurunkan nilai Eh tanah (Hwang et al., 2024).



Gambar 2. Nilai Eh (mV) tanah akibat pemberian kombinasi ATB dan TKKS.

A0 = ATB 0 t ha<sup>-1</sup>; A25 = ATB 25 t ha<sup>-1</sup>; A50 = ATB 50 t ha<sup>-1</sup>; T0 = TKKS 0 t ha<sup>-1</sup>; T2,5 = TKKS 2,5 t ha<sup>-1</sup>; T5 = TKKS 5 t ha<sup>-1</sup>. Diagram batang yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf uji DMRT  $\alpha$  5%.

### 3.3. Fe-larut Tanah

Pemberian kombinasi ATB dan TKKS tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap perubahan nilai Fe-larut tanah. Namun masing-masing faktor tunggal ATB dan TKKS memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan nilai Fe-larut tanah tersebut (Tabel 1 dan 2).

Tabel 1. Efek pemberian ATB terhadap Fe-larut tanah (ppm Fe; ekstrak  $NH_4OAc$  1 N pH 4,8) lahan sulfat masam

Perlakuan	Rata-rata Fe-larut (ppm Fe)
A0	1280,11 <sup>a</sup>
A25	1388,17 <sup>b</sup>
A50	2002,79 <sup>c</sup>

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf  $\alpha$  5%.

Tabel 2. Efek pemberian TKKS terhadap Fe-larut (ppm Fe; ekstrak  $NH_4OAc$  1 N pH 4,8) lahan sulfat masam

Perlakuan	Rata-rata Fe-larut (ppm Fe)
T0	1651,40 <sup>a</sup>
T2,5	1582,52 <sup>a</sup>
T5	1457,15 <sup>b</sup>

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf  $\alpha$  5%.

Hasil penelitian memperlihatkan peningkatan konsentrasi Fe-larut pada tanah yang diberi ATB tanpa dikombinasikan dengan TKKS. Peningkatan Fe-larut ini diduga disebabkan tidak semua Fe yang berasal dari ATB membentuk ikatan ligan dengan asam organik yang pada akhirnya mampu meningkatkan konsentrasi Fe-larut di dalam tanah (Mulyana et al., 2024). Sebaliknya, pemberian TKKS tanpa ATB mampu menurunkan konsentrasi Fe-larut. Penurunan konsentrasi Fe-larut dalam tanah disebabkan adanya pengikatan Fe. Pemberian bahan organik ke dalam tanah menyebabkan senyawa organik dapat berinteraksi dengan ion Fe yang terlarut dalam tanah, membentuk kompleks organik yang stabil. Bahan organik mempunyai peran yang sangat penting dalam mempengaruhi konsentrasi Fe-larut (Liu et al., 2023). Selain hal tersebut di atas, tingginya Fe-larut tanah juga diduga disebabkan karena pada saat analisis dilakukan menggunakan metode ekstrak  $NH_4OAc$  1 N pH 4,8. Hal ini menyebabkan fraksi Fe terlarut kembali karena pH bahan pengekstrak yang rendah, sehingga Fe yang terbaca juga akan meningkat.

#### 4. Kesimpulan

Kombinasi ATB dan TKKS mampu memberikan pengaruh perubahan terhadap pH, Eh dan Fe-larut tanah. Penggunaan gabungan ATB dan TKKS menawarkan solusi yang efisien dan ramah lingkungan untuk masalah keasaman dan kelarutan zat besi di tanah sulfat masam, sehingga mendukung peningkatan produktivitas lahan pertanian.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. PLN Nusantara Power Pulang Pisau atas penyediaan bahan ATB untuk penelitian, serta kepada PT. Perkebunan Nusantara XIII Pelaihari atas penyediaan TKKS yang digunakan dalam penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- Afiat, R.N., Mahbub, M., Mariana, Z.T. 2023. Pengaruh ukuran butiran kapur pertanian yang diberikan berdasarkan sulfat larut terhadap peningkatan pH tanah sulfat masam. *Acta Solum* 1(3), 133-138. <https://doi.org/10.20527/actasolum.v1i3.2281>
- BBSDLP. 2014. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia: Luas, Penyebaran dan Potensi Ketersediaan. IAARD Press, Bogor. 62p.
- Haitami, A., Wahyudi. 2019. Pengaruh berbagai dosis pupuk kompos tandan kosong kelapa sawit plus (kotakplus) dalam memperbaiki sifat kimia tanah Ultisol. *Jurnal Ilmiah Pertanian* 16(1), 56-63. <https://doi.org/10.31849/jip.v16i1.2351>
- Hayat, E.S., Andayani, S. 2014. Pengelolaan limbah tandan kosong kelapa sawit dan aplikasi biomassa chromolaena odorata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi serta sifat tanah Sulfaquent. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah* 17(2), 44-51.
- Hwang, W., Park, M., Cho, K., Hyun, S. 2024. Drainage Practice of rice paddies as a sustainable agronomic management for mitigating the emission of two carbon-based greenhouse gases (CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>): Field pilot study in South Korea. *Sustainability* 16, 2802. <https://doi.org/10.3390/su16072802>
- Liu, H., Yang, L., Guo, J., Yang, J., Li, N., Dai, J., Feng, H., Liu, N., Han, X. 2023. Contrasting effects of nitrogen and organic fertilizers on iron dynamics in soil after 38-year fertilization practice. *Agronomy* 13, 371. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020371>
- Mulyana, M., Septiana, M., Syaifuddin. 2024. Pengaruh Pemberian Abu Batubara Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Gambut. Skripsi, Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Priatmadi, B.J., Saidy, A.R., Septiana, M. 2014. Pengaruh abu batubara terhadap perbaikan sifat tanah dan produktivitas padi di Kalimantan Selatan. *Buana Sains* 14(2), 1-6.
- Saidy, A.R. 2018. Bahan Organik Tanah. Lambung Mangkurat University Press, Banjarmasin.
- Surbakti, Y.B., Indrajaya, F., Septawartono. 2003. Analisis pemanfaatan limbah fly ash batubara PT. PLN Nusantara Power Pulang Pisau untuk penetralan air asam tambang. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat* 3(6), 2056-2072. <https://doi.org/10.59141/comserva.v3i06.1022>
- Tagele, S.B., Kim, R-H., Jeong, M., Lim, K., Jung, D-R., Lee, D., Kim, W., Shin, J-H. 2023. Soil amendment with cow dung modifies the soil nutrition and microbiota to reduce the ginseng replanting problem. *Front. Plant Sci.* 14, 1072216. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1072216>
- Vongvichiankul, C., Deebao, J., Khongnakorn, W. 2017. Relationship between pH, oxidation reduction potential (ORP) and biogas production in mesophilic screw anaerobic digester. *Energy Procedia* 138, 877-882. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.113>