

## Peningkatan pH dengan Pemberian Bahan Organik pada Pengelolaan Air Asam Tambang Menggunakan Metode *Passive Treatment*

Titian Oka Pitaloka<sup>1</sup>, Akhmad Rizalli Saidy<sup>1,2</sup>, Fadly Hairannoor Yusran<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Jenderal Ahmad Yani KM 36 Simpang Empat, Banjarbaru 70714, Indonesia

<sup>2</sup> Program Doktor Ilmu Pertanian, Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Jenderal Ahmad Yani KM 36 Simpang Empat, Banjarbaru 70714, Indonesia

\* Email penulis korespondensi: [fhyusran@ulm.ac.id](mailto:fhyusran@ulm.ac.id)

### Informasi Artikel

Received 15 November 2023

Accepted 21 Februari 2024

Published 25 Februari 2024

Online 25 Februari 2024

### Kata kunci:

Empty fruit bunch; Cow dung;  
Organic matter; Acid mine  
drainage; Passive treatment.

### Abstract

Mining is the process of extracting beneficial minerals from the surface of the earth that have an impact on the formation of acid mine drainage (AMD). One method of passive AMD management is passive treatment. This study used the Nested Factorial Experiment Design method. The types of organic matter used were empty fruit bunch oil palm (EFB) and cow dung, with doses of 0 Mg ha<sup>-1</sup> (control), 50 Mg ha<sup>-1</sup>, 100 Mg ha<sup>-1</sup>, 150 Mg ha<sup>-1</sup> and 200 Mg ha<sup>-1</sup>. Each treatment was three repeats so that 30 units of experimental units were obtained. The pH value of AMD in the untreated (control) reactor was 3.67. The initial reaction (pH) of AMD (0 days) with EFB application at a dose of 50 – 200 Mg ha<sup>-1</sup> ranged from 3.63 – 4.28 and the initial pH of cow dung was 3.84 – 4.13. The reaction (pH) of the 1<sup>st</sup> to 4<sup>th</sup> weeks of AMD after adding EFB organic matter at a dose of 50 – 200 Mg ha<sup>-1</sup> show a pH range (6.38 – 7.59) and cow manure at a dose of 150 – 200 Mg ha<sup>-1</sup> show a pH (6.09 – 7.01). The conclusion are that the application of EFB organic matter on constructed wetland media for 4 weeks had a very real effect on increasing the pH of the AMD dose of 100 – 200 Mg ha<sup>-1</sup> while cow dung 150 – 200 Mg ha<sup>-1</sup> are the most effective against increasing pH.

### 1. Pendahuluan

Pertambangan yaitu sebagian maupun seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan serta pengusahaan mineral maupun batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan, pemurnian, pengangkutan, penjualan dan kegiatan pascatambang (UU Minerba Nomor 4 Tahun 2009). Kegiatan penambangan batubara mempunyai dampak lingkungan yang harus diperhatikan, pembentukan air asam tambang adalah salah satunya. Air asam tambang (AAT) mempunyai pH 2,0-3,5, dan konsentrasi sulfat dan logam berat yang tinggi (Nancucheo et al., 2017).

Keberadaan AAT dapat mengganggu dan mencemari ekosistem di sekitar pertambangan. Keasaman dan kandungan logam yang tinggi dapat menyebabkan hilangnya berbagai jenis biota akuatik pada sungai-sungai kecil yang mendapat efek buangan AAT (Luis et al., 2022). Dengan demikian perlu dilakukan pengolahan AAT agar dapat memenuhi standar Baku Mutu Lingkungan Air Limbah Penambangan Batubara sebagaimana diatur pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 dan Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Selatan Nomor 2 Tahun 2006.

Pengolahan air asam tambang bisa dicoba dengan dua metode yakni secara aktif (*active treatment*) dan pasif (*passive treatment*). Pengolahan AAT secara aktif meliputi pemberian bahan kimia yang mempunyai kandungan kapur, semacam CaCO<sub>3</sub> ataupun Ca(OH)<sub>2</sub> guna menaikkan pH AAT. Pemakaian kapur CaCO<sub>3</sub> atau Ca(OH)<sub>2</sub> pada saluran masuk (*inlet*) dan saluran keluar (*outlet*) dari kolam pengendap lumpur dapat menaikkan nilai pH cocok dengan baku mutu lingkungan. Pengolahan AAT secara aktif ini memerlukan bahan kimia dalam jumlah yang sangat besar dan penambahan bahan kimia harus dilakukan terus menerus. Hal ini menyebabkan pengelolaan AAT secara aktif memerlukan biaya yang sangat mahal (Wibowo et al., 2021).

Pengelolaan AAT secara pasif merupakan proses secara bertahap untuk menurunkan konsentrasi logam berat dan meningkatkan pH AAT melalui bio-sistem alami atau buatan manusia untuk mendukung reaksi ekologi dan

geokimia. Pengelolaan AAT secara pasif tersebut tidak memerlukan banyak bahan kimia maupun tenaga yang dikeluarkan, setelah kegiatan ini berjalan dapat digunakan dalam waktu yang panjang dengan bantuan manusia secara minimum sehingga pengelolaan AAT model ini mampu menghemat biaya dibandingkan dengan pengelolaan secara aktif (Madaniyah, 2016).

Salah satu metode pengelolaan AAT secara pasif yaitu menggunakan lahan basah buatan (LBB) sebagai teknologi. Metode LBB meliputi sistem yang menggunakan bantuan dari mikroorganisme, tanaman maupun media yang menirukan lahan basah alami untuk mengalirkan dan memproses AAT sehingga memenuhi baku mutu lingkungan sebelum dilepas ke perairan umum. Teknologi LBB lebih sederhana, lebih murah, dan lebih baik bagi lingkungan daripada cara konvensional seperti penggunaan bahan kimia dalam proses manajemen AAT (Prihartini et al., 2015).

Bahan organik merupakan komponen penting dalam pengelolaan AAT menggunakan sistem LBB. Bahan organik berfungsi sebagai salah satu sumber muatan negatif untuk proses jerapan (*adsorption*) logam-logam berat pada AAT dan sebagai sumber energi untuk aktivitas mikroorganisme dalam reduksi sulfat untuk pengendapan logam berat AAT (Sekarjannah et al., 2023). Beberapa penelitian sebelumnya memperlihatkan pengaruh signifikan penambahan bahan organik terhadap perubahan pH AAT. Penelitian Syamsiah et al. (2020) memperlihatkan peningkatan pH AAT dari 3,75 menjadi pH 8,00 pada minggu pertama sampai minggu ke empat setelah penambahan tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Hal yang sama diperlihatkan oleh Noor et al. (2020) yang melaporkan peningkatan pH AAT dari 5,20 menjadi pH 7,67 dalam waktu 15 hari. Hasil-hasil penelitian di atas memperlihatkan bahwa keberadaan bahan organik memegang peranan yang sangat signifikan dalam pengelolaan AAT dengan metode LBB. Meskipun sudah ada beberapa penelitian tentang pengaruh bahan organik terhadap perubahan pH AAT, Masih kurangnya data komprehensif tentang bagaimana jenis dan jumlah bahan organik mempengaruhi perubahan pH AAT. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memastikan bagaimana perubahan pH AAT yang dikelola dengan metode *passive treatment* yang dipengaruhi oleh pemberian dosis bahan organik.

## 2. Bahan dan Metode

### 2.1. Lokasi Pengambilan dan Karakterisasi Contoh Tanah, Air Asam Tambang dan Bahan Organik

Contoh tanah yang digunakan adalah sampel dari lahan pascatambang di Desa Sungai Tiung, Kecamatan Cempaka Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Sampel tanah pascatambang diambil pada kedalaman 0-20 cm pada beberapa titik. Tanah sampel dibersihkan dari akar tanaman dan batu/kerikil, kemudian digabung menjadi satu dan diaduk supaya homogen, dikering-anginkan, dihaluskan dan diayak dengan ayakan 2 mm untuk mendapatkan keseragaman ukuran tanah. Sebagian dari tanah tersebut digunakan untuk penetapan beberapa sifat tanah (berat isi, pH, kandungan C-organik, Fe-larut, Al-larut dan kandungan gugus fungsional bahan organik), dan sebagian disimpan untuk pelaksanaan penelitian. Karakteristik tanah yang digunakan untuk penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik tanah yang digunakan untuk penelitian

No	Parameter	Hasil	Kriteria (*)
1.	pH (H <sub>2</sub> O)	3,78	Sangat Masam
2.	C-organik (%)	1,50	Rendah
3.	Berat isi (g cm <sup>-3</sup> )	1,78	Tanah PascaTambang
4.	Fe-larut (mg kg <sup>-1</sup> )	7,39	Tinggi
5.	Al-larut (mg kg <sup>-1</sup> )	6,67	Sedang
7.	Gugus fungsional (cmol kg <sup>-1</sup> )	0,80	-

Keterangan: \*) Berdasarkan Balai Penelitian Tanah, (2009)

Air asam tambang (AAT) diambil dari lubang pasca pertambangan batubara di Desa Sungai Tiung, Kecamatan Cempaka Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Sampel kotoran sapi diambil dari peternakan sapi rakyat di Kelurahan Keraton, Kecamatan Martapura, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. Kotoran sapi yang digunakan untuk penelitian ini adalah kotoran sapi yang belum terdekomposisi. Kotoran sapi dikering-anginkan dan diayak menggunakan ayakan 2 mm, dan dilakukan karakterisasi kandungan C-organik. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) diambil dari Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit (PKS) PT. Perkebunan Nusantara XIII (Persero) Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut. TKKS yang telah diambil kemudian dikering-anginkan selama 10-15 hari, dilumat menggunakan *blender* dan diayak menggunakan ayakan 0,5 mm.

### 2.2. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Tersarang, berupa dosis atau jumlah bahan organik tersarang pada jenis bahan organik. Jenis bahan organik yang digunakan terdiri dari dua jenis, yaitu tandan

kosong kelapa sawit (TKKS) dan kotoran sapi (K). Dosis bahan organik yang diaplikasikan ada 5 dosis yaitu 0 Mg ha<sup>-1</sup> sebagai kontrol, 50 Mg ha<sup>-1</sup>, 100 Mg ha<sup>-1</sup>, 150 Mg ha<sup>-1</sup>, dan 200 Mg ha<sup>-1</sup>. Setiap perlakuan mempunyai tiga ulangan sehingga diperoleh 30 unit satuan percobaan. Perlakuan tersebut adalah: (1) KT0 = Tanah pascatambang, (2) T1 = Tanah pascatambang + TKKS 50 Mg ha<sup>-1</sup>, (3) T2 = Tanah pascatambang + TKKS 100 Mg ha<sup>-1</sup>, (4) T3 = Tanah pascatambang + TKKS 150 Mg ha<sup>-1</sup>, (5) T4 = Tanah pascatambang + TKKS 200 Mg ha<sup>-1</sup>, (6) K0 = Tanah pascatambang, (7) K1 = Tanah pascatambang + pupuk kandang sapi 50 Mg ha<sup>-1</sup>, (8) K2 = Tanah pascatambang + pupuk kandang sapi 100 Mg ha<sup>-1</sup>, (9) K3 = Tanah pascatambang + pupuk kandang sapi 150 Mg ha<sup>-1</sup>, dan (10) K4 = Tanah pascatambang + pupuk kandang sapi 200 Mg ha<sup>-1</sup>.

Tanah lahan pascatambang yang telah dikering-anginkan sebanyak 250 gram dimasukkan ke dalam reaktor ukuran diameter 13 cm dan tinggi 9 cm untuk memperoleh ketinggian tanah di dalam reaktor mencapai ± 3 cm. Bahan organik sesuai dengan perlakuan ditambahkan ke dalam reaktor. Campuran tanah dan bahan organik di dalam reaktor diaduk sampai homogen. Selanjutnya *aquades* ditambahkan ke dalam reaktor sehingga kadar air di dalam reaktor mencapai 70% kapasitas lapang, kemudian diinkubasi selama 10 hari di tempat yang gelap. Setelah selesai periode inkubasi maka dilakukan pengambilan contoh tanah (*sub-sampling*) sebanyak kurang lebih 30 g pada setiap perlakuan. Sampel tanah ini digunakan untuk penetapan pH tanah, gugus fungsional bahan organik dengan cara titrasi, kandungan Fe (ekstrak amonium asetat 1N pH 4,8) dengan menggunakan spektrofotometer.

Percobaan pengaruh jenis dan jumlah/dosis bahan organik terhadap kenaikan pH AAT dilakukan dengan mengalirkan AAT ke dalam reaktor yang berisi campuran tanah dan bahan organik secara perlahan sampai permukaan AAT di dalam reaktor mencapai ketinggian 3 cm dari permukaan campuran tanah dan bahan organik. Pengukuran pH AAT di dalam reaktor dilakukan menggunakan elektroda kaca setelah 0, 2, 4, 6, 12 jam dan 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 21, 28 hari AAT dialirkan ke dalam reaktor. Analisis data yang diperoleh pada penelitian ini dianalisis menggunakan uji kehomogenan ragam, uji anova dan uji beda nilai tengah. Semua analisis data dilaksanakan menggunakan perangkat lunak GenStat.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Karakteristik Tanah dan Bahan Organik

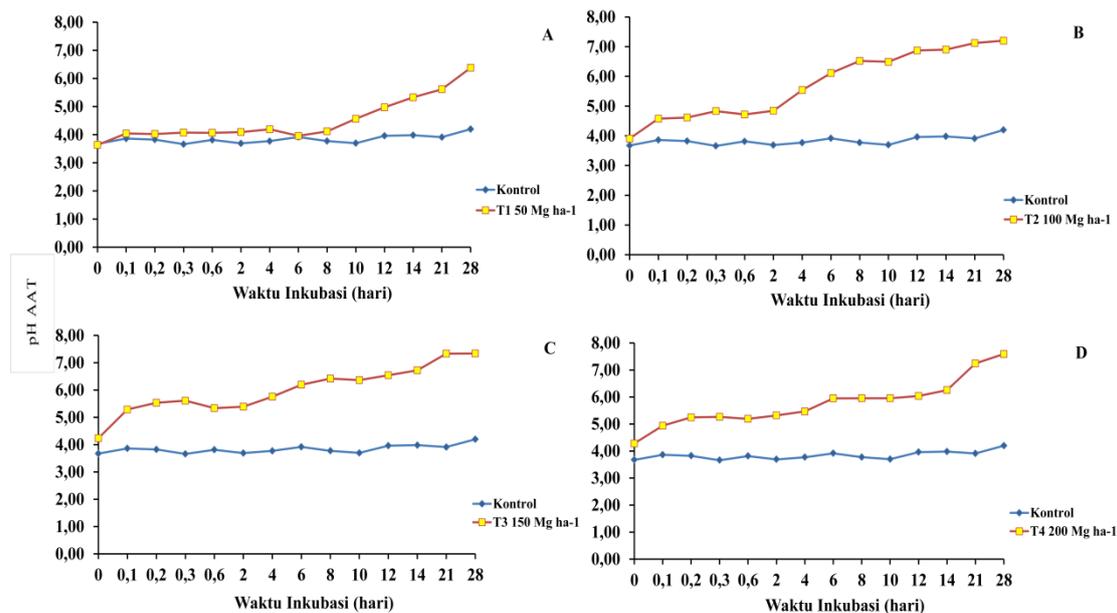
Hasil analisis sifat fisika dan kimia tanah sebelum aplikasi bahan organik memperlihatkan bahwa tanah pascatambang yang digunakan pada penelitian ini mempunyai berat isi (*bulk density*) sebesar 1,78 g cm<sup>-3</sup> dan kandungan C-organik sebesar 1,55% (rendah). Tanah pascatambang ini juga memiliki kandungan Fe-larut sebesar 7,39 mg ha<sup>-1</sup>, Al-larut sebesar 6,67 mg ha<sup>-1</sup>. Reaksi (pH) tanah yang digunakan pada penelitian adalah 3,78 yang mempunyai kriteria sangat masam dan gugus fungsional bahan organik pada tanah adalah 0,80 cmol kg<sup>-1</sup>. Hasil analisis laboratorium juga memperlihatkan bahwa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan kotoran sapi masing-masing mempunyai kandungan C-organik sebesar 16,23% dan 13,15%.

#### 3.2. Pengaruh Bahan Organik terhadap Kenaikan pH Air Asam Tambang

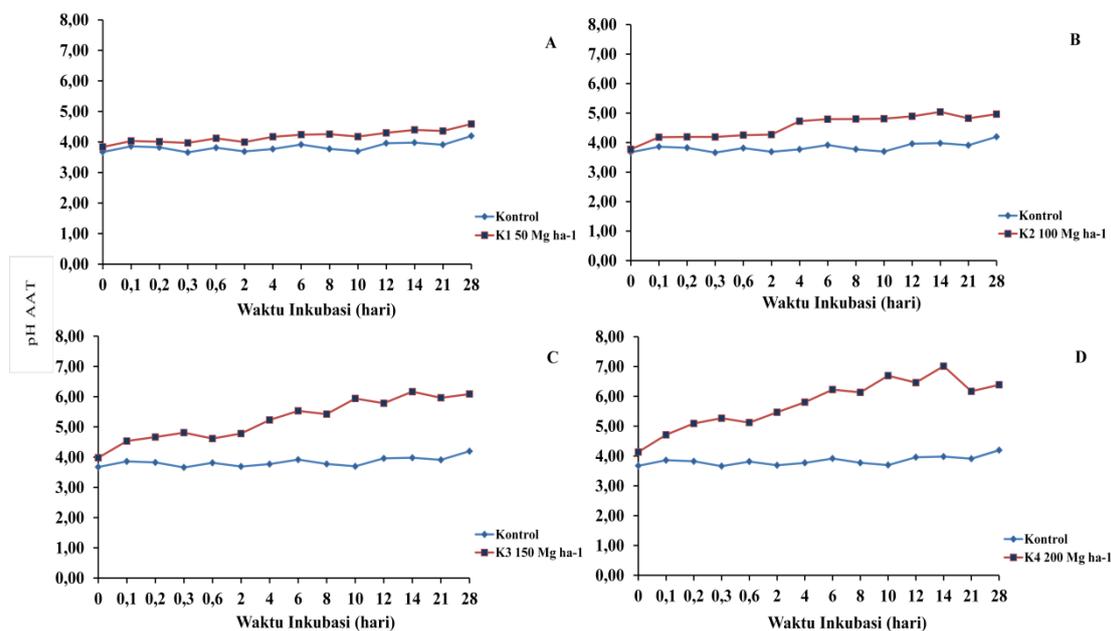
Perubahan pH air asam tambang (AAT) setelah 28 hari pemberian TKKS dengan dosis yang berbeda disajikan pada Gambar 1. Hasil pengamatan memperlihatkan bahwa AAT pada saat dimulai inkubasi mempunyai pH 3,67. Hasil penelitian memperlihatkan kenaikan pH AAT pada reaktor tanpa pemberian TKKS dari pH 3,67 pada saat dimulainya inkubasi/penelitian menjadi pH 4,20 setelah 28 hari. Reaksi (pH) AAT dengan pemberian TKKS sebanyak 50 Mg ha<sup>-1</sup> (T1) meningkat menjadi pH 6,38; meningkat menjadi pH 7,20 dengan pemberian TKKS sebanyak 100 Mg ha<sup>-1</sup> (T2); meningkat menjadi pH 7,34 dengan pemberian TKKS sebanyak 150 Mg ha<sup>-1</sup> (T3); dan meningkat menjadi pH 7,59 dengan dosis AAT sebanyak 200 Mg ha<sup>-1</sup> (T4) (Gambar 1).

Hasil penelitian juga memperlihatkan bahwa pH AAT meningkat dari 3,67 pada awal inkubasi menjadi pH 4,20 setelah 28 hari pada tanah tanpa perlakuan atau kontrol (Gambar 2). Reaksi (pH) AAT pada 28 hari meningkat menjadi pH 4,59 dengan pemberian kotoran sapi sebanyak 50 Mg ha<sup>-1</sup>, meningkat menjadi pH 4,96 dengan dosis kotoran sapi sebanyak 100 Mg ha<sup>-1</sup> (K2), menjadi pH 6,09 dengan dosis kotoran sapi sebanyak 150 Mg ha<sup>-1</sup> (K3), menjadi pH 6,39 dengan dosis kotoran sapi sebanyak 200 Mg ha<sup>-1</sup> (K4) (Gambar 2).

Salah satu indikator kualitas air adalah tingkat keasaman atau pH maupun aktivitas ion hidrogen di dalam air. Nilai pH AAT di dalam reaktor tanpa aplikasi TKKS dan kotoran sapi (kontrol) adalah 3,67. Reaksi (pH) awal AAT (0 hari) dengan aplikasi TKKS dengan dosis 50 – 200 Mg ha<sup>-1</sup> berkisar antara 3,63 – 4,28, dan pH awal perlakuan kotoran sapi (0 hari) berkisar 3,84 – 4,13 (Gambar 2 dan 3). Reaksi (pH) AAT dari minggu pertama sampai minggu ke-4 setelah diberi penambahan bahan organik TKKS dengan dosis 50 – 200 Mg ha<sup>-1</sup> menghasilkan kisaran pH (6,38 – 7,59) dan kotoran sapi dengan dosis 150 – 200 Mg ha<sup>-1</sup> menghasilkan kisaran pH (6,09 – 7,01). Reaksi (pH) yang demikian sudah memenuhi baku mutu limbah pertambangan (pH 6 – 9) menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2022.



Gambar 1. Perubahan pH AAT yang diamati selama 0 – 28 hari pada reaktor tanpa pemberian TKKS (kontrol) dan dengan pemberian TKKS dengan jumlah 50 Mg ha<sup>-1</sup> (A), 100 Mg ha<sup>-1</sup> (B), 150 Mg ha<sup>-1</sup> (C) dan 200 Mg ha<sup>-1</sup> (D).

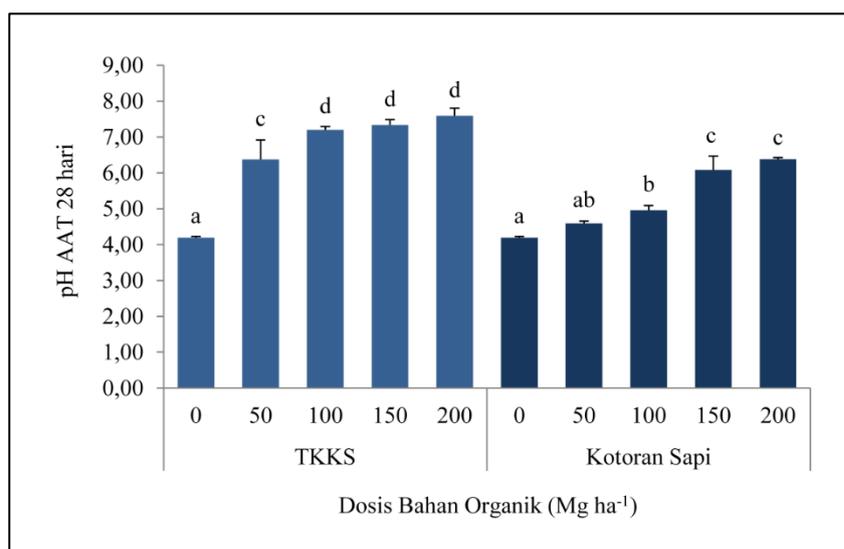


Gambar 2. Perubahan pH AAT yang diamati pada 0–28 hari tanpa perlakuan atau kontrol dan pemberian menggunakan bahan organik kotoran sapi dari dosis dosis 50 Mg ha<sup>-1</sup> (A), 100 Mg ha<sup>-1</sup> (B), 150 Mg ha<sup>-1</sup> (C) dan 200 Mg ha<sup>-1</sup> (D).

Penambahan bahan organik TKKS dan kotoran sapi dengan dosis 150 Mg ha<sup>-1</sup> dan 200 Mg ha<sup>-1</sup> menunjukkan pola peningkatan nilai pH yang relatif stabil naik dari minggu pertama sampai keempat dibandingkan dosis lainnya (Gambar 1 dan Gambar 2). Pada setiap pengukuran, nilai pH AAT perlakuan ini lebih tinggi daripada perlakuan lainnya. Hal ini diyakini karena kenaikan atau pertambahan gugus fungsional yang lebih banyak daripada dosis bahan organik lainnya yang berasal dari mineralisasi bahan organik yang dimasukkan. Nurlina et al., (2018) melaporkan bahwa kotoran sapi setelah mengalami proses dekomposisi dapat membebaskan gugus

fungsional hidroksil ( $-OH$ ) dan karboksilat ( $-COOH$ ). Bertambahnya gugus fungsional hidroksil dan karboksilat akan menjerap ion  $H^+$  yang ada pada AAT, yang pada akhirnya menghasilkan peningkatan pH AAT. Proses dekomposisi TKKS diduga juga menghasilkan gugus fungsional yang sama seperti gugus dari kotoran sapi (Simatupang et al., 2012). Sari et al. (2017) menyebutkan pemberian bahan organik jerami padi akan menghasilkan senyawa organik yang mampu menaikkan nilai pH air. Hal ini didukung hasil penelitian Syamsiah et al. (2020) yang memperlihatkan kenaikan pH AAT disebabkan oleh pemberian bahan organik TKKS pada media lahan basah buatan. Peningkatan pH AAT ini dipengaruhi oleh kemampuan bahan organik TKKS memiliki sifat alkalis atau senyawa yang membawa ion  $OH^-$  kemudian melepaskan ion tersebut karena terjadinya proses dekomposisi bahan organik, sehingga meningkatkan pH AAT (Syamsiah et al., 2020).

Hasil analisis ragam memperlihatkan bahwa dosis setiap jenis bahan organik berpengaruh signifikan terhadap pH AAT yang diamati setelah 28 hari aplikasi bahan organik. Pengaruh dosis setiap jenis bahan organik terhadap pH AAT 28 hari setelah aplikasi dapat dilihat pada Gambar 3.



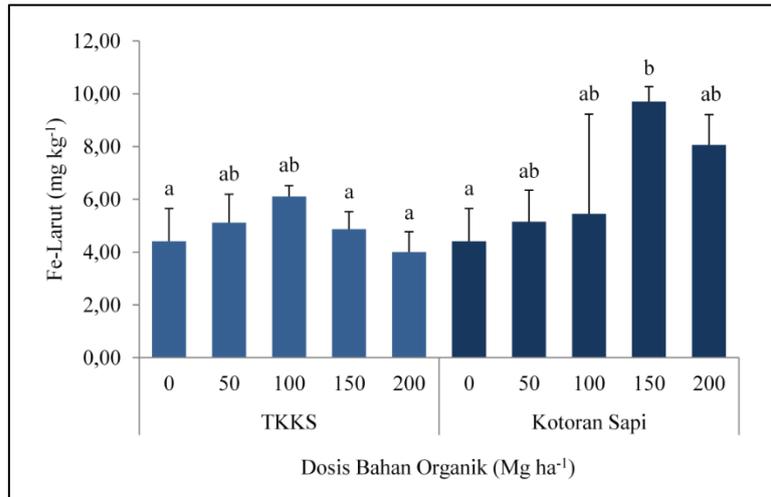
Gambar 3. Reaksi (pH) AAT setelah 28 hari pemberian bahan organik TKKS dan kotoran sapi. Garis di atas batangan merupakan simpangan baku dari rata-rata ( $n=3$ ). Huruf yang sama di atas simpangan baku mengindikasikan pengaruh yang tidak berbeda antar dosis pada setiap jenis bahan organik berdasarkan uji beda perlakuan pada  $P \leq 0,01$ .

Hasil uji beda nilai tengah terhadap pH AAT memperlihatkan bahwa pemberian TKKS dengan dosis 50 Mg ha<sup>-1</sup> sudah mampu meningkatkan pH AAT (Gambar 3). Pemberian TKKS dengan dosis 100-200 Mg ha<sup>-1</sup> menghasilkan peningkatan pH AAT yang tidak berbeda antar perlakuan, akan tetapi pH AAT yang dihasilkan lebih tinggi dibanding perlakuan lain. Hasil yang berbeda diamati pada pemberian kotoran sapi, di mana pemberian kotoran sapi dengan dosis 50 Mg ha<sup>-1</sup> tidak menghasilkan peningkatan pH AAT dibanding dengan pH AAT tanpa penambahan kotoran sapi (Gambar 3). Reaksi (pH) AAT pada perlakuan pemberian kotoran sapi dengan dosis 150 dan 200 Mg ha<sup>-1</sup> adalah sama, meskipun kisaran pH yang dihasilkan oleh perlakuan ini merupakan pH AAT yang tertinggi pada perlakuan pemberian kotoran sapi (Gambar 3).

Nilai pH AAT dengan dosis perlakuan 100 – 200 Mg ha<sup>-1</sup> pemberian TKKS pada hari ke-28 lebih tinggi dibandingkan dengan dosis kontrol dan TKKS 50 Mg ha<sup>-1</sup> sedangkan nilai pH AAT dengan dosis perlakuan 150 – 200 Mg ha<sup>-1</sup> pemberian kotoran sapi pada hari ke-28 lebih tinggi dibandingkan dengan dosis kontrol dan kotoran sapi 50 – 100 Mg ha<sup>-1</sup> (Gambar 3). Hal ini dikarenakan sifat bahan organik yang mampu meningkatkan pH, semakin banyak dosis bahan organik dan lama waktu inkubasi maka akan semakin besar terjadinya dekomposisi bahan organik yang lebih baik Syamsiah et al. (2020).

### 3.3.2 Kandungan Fe-Larut

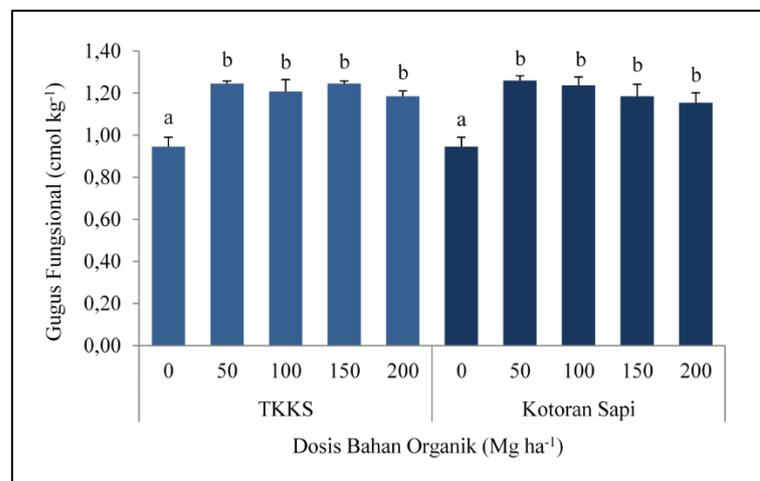
Hasil analisis ragam memperlihatkan bahwa pemberian bahan organik berpengaruh signifikan terhadap Fe-larut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian TKKS dengan dosis 50-200 Mg ha<sup>-1</sup> menghasilkan Fe-larut yang tidak berbeda dengan kontrol, terkecuali pada dosis kotoran sapi 150 Mg ha<sup>-1</sup> (Gambar 4). Kenaikan kandungan Fe larut bisa terjadi dikarenakan pemberian bahan organik segar dapat meningkatkan kandungan senyawa organik berupa asam humat, asam fulvat, dan asam organik lainnya yang dapat meningkatkan kelarutan Fe. Kelarutan Fe mengalami peningkatan dengan pemberian bahan organik karena dapat melepaskan ikatan Fe-P sehingga Fe yang berada dalam bentuk bebas (Fe-larut) meningkat (Sari et al., 2017).



Gambar 4. Kandungan Fe-larut tanah setelah 10 hari pemberian bahan organik TKKS dan kotoran sapi. Garis di atas batangan merupakan simpangan baku dari rata-rata ( $n=3$ ). Huruf yang sama di atas simpangan baku mengindikasikan pengaruh yang tidak berbeda antar dosis pada setiap jenis bahan organik berdasarkan uji beda perlakuan pada  $P \leq 0,01$ .

### 3.3.4 Kandungan Gugus Fungsional Bahan Organik

Hasil analisis ragam memperlihatkan bahwa gugus fungsional pada lahan lahan pascatambang dipengaruhi oleh pemberian TKKS dan kotoran sapi. Gugus fungsional bahan organik tanah setelah diberikan berbagai dosis TKKS dan kotoran sapi disajikan pada Gambar 5. Pemberian TKKS dan kotoran sapi dengan dosis 50 – 200 Mg ha<sup>-1</sup> menghasilkan gugus fungsional yang lebih tinggi dibanding dengan pada tanah tanpa pemberian bahan organik (kontrol). Gambar 5 memperlihatkan bahwa kandungan gugus fungsional dari semua perlakuan berbeda dengan kontrol. Hal ini diduga proses dekomposisi bahan organik saat inkubasi menghasilkan senyawa-senyawa organik yang memiliki gugus fungsional. Menurut (Nurlina et al., 2018) dekomposisi bahan organik kotoran sapi dapat membebaskan gugus fungsional hidroksil (-OH) dan karboksilat (-COOH). Sebuah teori yang didasarkan pada struktur kimia bahan organik menunjukkan bahwa bahan organik tanah terdiri dari campuran beragam yang didominasi oleh gugus fungsi dan zat koloid organik yang mengandung nitrogen dan gugus fungsional. (Simatupang et al., 2012).

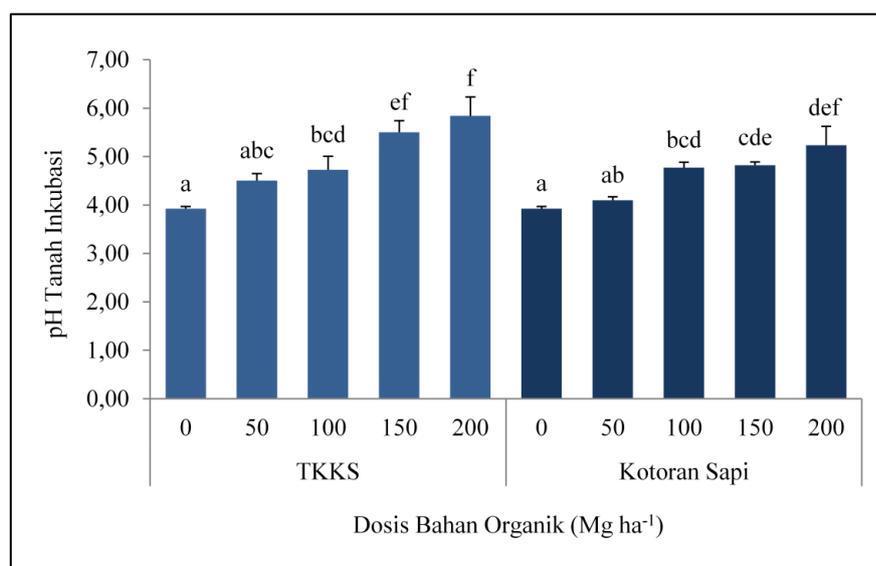


Gambar 5. Gugus fungsional bahan organik setelah 10 hari pemberian TKKS dan kotoran sapi. Garis di atas batangan merupakan simpangan baku dari rata-rata ( $n=3$ ). Huruf yang sama di atas simpangan baku mengindikasikan pengaruh yang tidak berbeda antar dosis pada setiap jenis bahan organik berdasarkan uji beda perlakuan pada  $P \leq 0,01$ .

### 3.3.5 Reaksi (pH) Tanah Pascatambang

Hasil analisis ragam memperlihatkan bahwa pH pada lahan lahan pascatambang dipengaruhi oleh pemberian TKKS dan kotoran sapi. Hasil uji beda nilai tengah terhadap pH tanah memperlihatkan bahwa pemberian TKKS

dan kotoran sapi dengan dosis 50 Mg ha<sup>-1</sup> tidak meningkatkan pH tanah (Gambar 6). Pemberian TKKS 200 Mg ha<sup>-1</sup> menunjukkan nilai pH lebih tinggi dari dosis TKKS lainnya. Hal yang sama diamati pada pemberian kotoran sapi 200 Mg ha<sup>-1</sup> yang menunjukkan nilai pH lebih tinggi dari dosis kotoran sapi lainnya. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya jumlah bahan organik terdekomposisi akan semakin banyak pula menghasilkan gugus fungsional. Kuantitas muatan negatif bebas yang mempengaruhi kemampuan tanah untuk menyerap ion H<sup>+</sup> tergantung pada jumlah gugus fungsi yang dimiliki bahan organik. Hal ini sesuai dengan penelitian Hamed (2014) yang menyatakan terjadinya peningkatan pH tanah dikarenakan proses asam-asam organik yang terdekomposisi bisa mengikat ion H<sup>+</sup>. Li et al. (2022) menyatakan bahwa gugus karboksil bermuatan negatif dalam asam organik dapat mengikat ion H<sup>+</sup>. Selanjutnya Espinoza-Vergara et al. (2021) melaporkan bahwa ion H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> mempengaruhi naik turunnya pH tanah, pH akan menurun jika konsentrasi ion H<sup>+</sup> dalam larutan tanah meningkat, sedangkan pH akan meningkat jika konsentrasi ion OH<sup>-</sup> meningkat.



Gambar 6. Reaksi (pH) tanah setelah 10 hari pemberian bahan organik TKKS dan kotoran sapi. Garis di atas batangan merupakan simpangan baku dari rata-rata (n=3). Huruf yang sama di atas simpangan baku mengindikasikan pengaruh yang tidak berbeda antar dosis pada setiap jenis bahan organik berdasarkan uji beda perlakuan pada  $P \leq 0,01$ .

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pemberian bahan organik tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan kotoran sapi pada media lahan basah buatan selama 4 minggu memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kenaikan pH air asam tambang. Dosis bahan organik TKKS yang efektif untuk pengelolaan air asam tambang yaitu pada dosis 100 – 200 Mg ha<sup>-1</sup> dan untuk kotoran sapi 150 – 200 Mg ha<sup>-1</sup>. Pemberian bahan organik dengan dosis ini menghasilkan nilai pH AAT telah memenuhi baku mutu limbah air pertambangan (pH 6,0-9,0) berdasarkan Permen LH Nomor 5 Tahun 2022 tentang pengolahan air limbah bagi usaha dan kegiatan pertambangan dengan menggunakan metode lahan basah buatan.

#### Daftar Pustaka

- Espinoza-Vergara, J., Molina, P., Walter, M., Gulppi, M., Vejar, N., Melo, F., Urzua, M., Munoz, H., Zagal, J.H., Zhou, X., Azocar, M.I., Paez, M.A. 2021. Effect of pH on the electrochemical behavior of hydrogen peroxide in the presence of *Pseudomonas aeruginosa*. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 9, 749057.
- Hamed, M.H., El-Desoky, M.A., Ghallab, A.M., Faragallah, M.A. 2014. Effect of incubation periods and some organic materials on phosphorus forms in calcareous soils. *International Journal Of Technology Enhancements And Emerging Engineering Research* 2(6), 2347–4289.
- Keputusan Menteri No. 113 Tahun 2003. 2003. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau, Kegiatan Pertambangan Batu Bara. Kementerian Lingkungan Hidup.
- Li, J., Cao, W., Shu, Y., Zhang, H., Qian, X., Kong, X., Wang, L., Peng, X. 2022. Water molecules bonded to the carboxylate groups at the inorganic–organic interface of an inorganic nanocrystal coated with alkanoate ligands. *National Science Review* 9(2), nwab138.

- Luis, A.T., Grande, J.A., Duraes, N., Santisteban, M., Rodriguez-perez, A.M., Ferreirada Silva, E. 2022. Acid mine drainage effects in the hydrobiology of freshwater streams from three mining areas (SW Portugal): A statistical approach. *Internasional Journal of Environmental Research and Public Health* 19(17), 10810.
- Madaniyah. 2016. Efektivitas Tanaman Air dalam Pembersihan Logam Berat pada Air Asam Tambang. Tesis. Universitas IPB, Bogor.
- Nancucho, I., Bitencourt, J.A.P., Sahoo, P.K., Alves, J.O., Siqueira, J.O., Oliveira, G. 2017. Recent developments for remediating acidic mine waters using sulfidogenic bacteria. *BioMed Research Internasional* 2017, 7256582.
- Noor, I., Arifin, Y.F., Priatmadi, B.J., Saidy, A.R. 2020. Oil palm empty fruit bunch as the selected organic matter in developing the swampy forest system for passive treatment of acid mine drainage. *Ecology, Environment and Conservation* 26(3), 1424–1431.
- Nurlina, N., Syahbanu, I., Tamnasi, M.T., Nabela, C., Furnata, M.D. 2018. Ekstraksi dan penentuan gugus fungsi asam humat dari pupuk kotoran sapi. *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry* 1(1), 30–38.
- Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Selatan Nomor 2 Tahun 2006. 2006. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Provinsi Kalimantan Selatan.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2022. 2022. Pengolahan Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Prihartini, N.S., Priatmadi, B.J. 2015. Performance of the horizontal subsurface-flow constructed wetland with different operational procedures. *International Journal of Advances in Engineering and Technology* 7(6), 1620–1629.
- Sari, M.N., Sudarsono., Darmawan. 2017. Pengaruh bahan organik terhadap ketersediaan fosfor pada tanah yang kaya Al dan Fe. *Buletin Tanah dan Lahan* 1(1), 65-71.
- Sekarjannah, F.A., Mansur, I., Abidin, Z., Fauzi, A.M. 2023. Selection of organic matter as a wetland substrate for acid mine drainage treatment. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 13(2), 267-276.
- Simatupang, H., Nata, A., Herlina, N. 2012. Studi isolasi dan rendemen lignin dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS). *Jurnal Teknik Kimia USU* 1(1), 20-24.
- Syamsiah, N., Priatmadi, B.J., Hadi, A. 2020. Pengaruh pemberian dosis tandan kosong kelapa sawit (TKKS) pada media lahan basah buatan (*constructed wetland*) terhadap pH, Fe, Mn untuk pengelolaan air asam tambang di PT Jorong Barutama Greston. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah* 5(3), 41-45.
- Undang Undang Minerba Nomor 4 Tahun 2009. 2009. Pertambangan Mineral dan Batubara. Republik Indonesia.
- Wibowo, Y.G., Fadhilah, R., Syarifuddin, H., Maryani, A.T., Putri, I.A. 2021. A critical review of acid mine drainage treatment. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan* 18(3), 524-535.