

Pengaruh Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap pH, Fe, dan Mn untuk Pengelolaan Air Asam Tambang

Nurul Syamsiah, Bambang Joko Priatmadi*, Abdul Hadi

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

* Email penulis korespondensi: bj_priatmadi@ulm.ac.id

Informasi Artikel

Received 14 Juli 2022

Accepted 07 November 2022

Published 16 November 2022

Online 16 November 2022

Keywords:

Acid mine drainage;
constructed wetland; oil palm
empty fruit bunches

Abstract

Indonesia is a coal producing country and coal mining activities are carried out using the open pit method. The activity resulted in the acid mine drainage (AMD). AMD has low pH and contains high concentrations of heavy metals ions such as aluminum (Al), iron (Fe) dan manganese (Mn). One of the interesting technologies in the AMD treatment is passive treatment using constructed wetland. The system can increase pH and reduce level of dissolved metals. Oil palm empty fruit bunches (OPEFB) are potential to improve soil pH, because they have a high nutrient content such as N, P, and K. This study aims to determine the effect of OPEFB as amendment material on artificial wetland media on pH, Fe, Mn in AMD management. The method used was a single Randomized Complete Design with the treatment of OPEFB of 0, 100, 200, 300, and 500 g 5.5 kg⁻¹ soil then replicated four times. The results showed that oil palm empty fruit bunches high significant increase in pH, Fe, Mn and 100 g 5.5 kg⁻¹ soil doses effectively used for the AAT management by passive treatment as fulfilled the mining liquid waste quality standards according to the Ministerial Decree State of the Environment Number 113 of 2003 and South Kalimantan Province Governor Regulation Number 04 of 2007.

1. Pendahuluan

Penambangan batu bara merupakan suatu kegiatan yang berhubungan dengan lingkungan hidup. Yadav dan Jamal (2017) menyatakan bahwa air tambang merupakan ancaman serius bagi masyarakat India terhadap lingkungan sekitarnya. Secara umum dari kegiatan pertambangan batu bara telah menimbulkan dampak bagi kehidupan baik bersifat positif dan negatif. Salah satu dampak penambangan batu bara adalah dihasilkannya air asam tambang (AAT). Air tambang ini menghasilkan logam-logam beracun seperti Al, Fe, dan Mn, karena itu sebelum dialirkan ke perairan umum, AAT diproses terlebih dahulu agar tingkat keasaman dan kadar logamnya menurun sesuai dengan nilai baku mutu.

Pengelolaan AAT dilakukan dengan sistem aktif dan pasif. Sistem aktif menggunakan bahan kimia yang bersifat basa untuk menetralkan keasaman air, seperti tawas, *Poly Aluminium Chlorida* (PAC), dan *nalcolyte*. Sistem pasif mengalirkan AAT ke areal lahan basah baik secara alami atau buatan. Metode untuk mengurangi dampak AAT ialah dengan metode lahan basah buatan (*constructed wetland*) merupakan metode alternatif untuk mengolah limbah, membersihkan air dengan proses alami mencakup vegetasi lahan basah, tanah, dan mikroba yang terdapat di lahan basah untuk membantu pengolahan air limbah (Prihatini dan Imam, 2015). Kelebihan dari metode penanganan pasif adalah lebih mudah, ramah lingkungan, dan biaya yang digunakan lebih sedikit seperti (teknologi pemeliharaan yang rendah untuk perawatan dalam jangka panjang), dibandingkan metode konvensional (Prihatini et al., 2015; Yadav dan Jamal, 2017; Skousen, 2018). Tanah, pasir, batuan atau bahan-bahan organik seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS), serbuk gergaji merupakan media yang digunakan pada sistem lahan basah buatan. Penelitian ini menggunakan TKKS sebagai media pada sistem lahan basah buatan.

Kompos TKKS juga mampu memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah. Bahan TKKS memiliki kandungan hara yang cukup tinggi seperti N, P, K, memiliki pH tinggi dan kandungan serat yang tinggi seperti selulosa, lignin dan unsur organik (Darnoko et al., 1993). Sampel dari abu TKKS memiliki pH 10,9 yang

menunjukkan bahwa sampel tersebut bersifat basa sehingga kompos TKKS dapat mengurangi kemasaman tanah (Udoetok, 2012).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari pemberian dosis TKKS pada media buatan terhadap pH, Fe, Mn untuk pengelolaan air asam tambang yang sesuai dengan baku mutu limbah cair pertambangan.

2. Bahan dan Metode

2.1. Lokasi Penelitian

Pengambilan sampel tanah berlokasi di Kelurahan Cempaka Kecamatan Cempaka Kota Banjarbaru Kalimantan Selatan. Pengambilan sampel TKKS, pupuk kandang dan AAT berasal dari PT. Jorong Barutama Greston (JBG) Desa Swarangan Kecamatan Jorong Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Jurusan Tanah dan Laboratorium Kimia dan Fisika Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.

2.2. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal berupa pemberian TKKS. Perlakuan yang diberikan terdiri dari lima taraf dosis dan empat ulangan, sehingga terdapat 20 satuan percobaan. Adapun perlakuan yang adalah: TK 0 = 0 g TKKS; TK 1 = 100 g TKKS; TK 2 = 200 g TKKS; TK 3 = 300 g TKKS; dan TK 4 = 500 g 5,5 kg tanah⁻¹

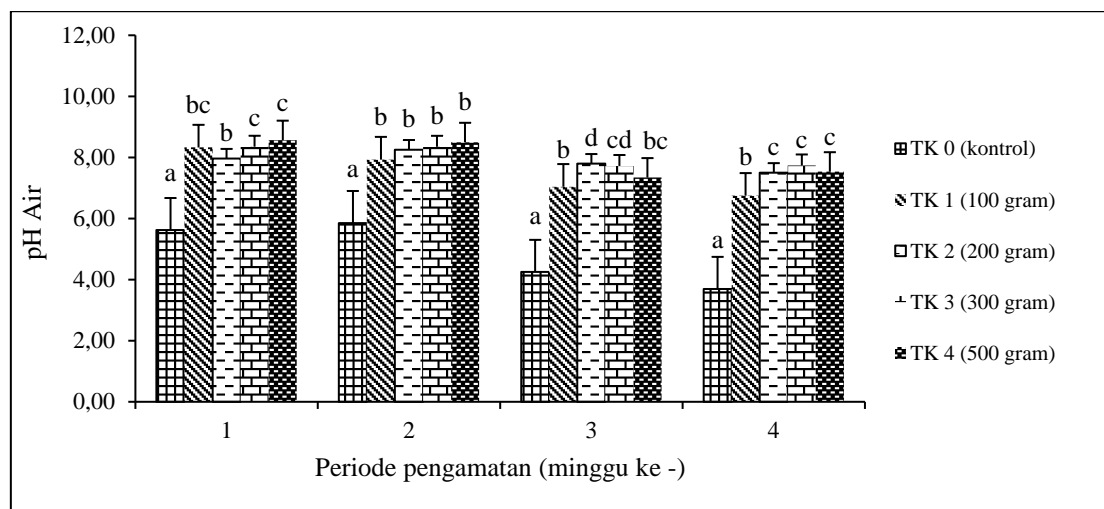
Tanah yang digunakan di dalam setiap polibag satuan percobaan adalah sebanyak 5,5 kg dan pupuk kandang 100 g. Parameter yang diukur adalah pH air dari Air Asam Tambang (AAT), Fe-dalam air (ekstraksi NH₄OAc 1N pH 4,8 dan reagen hidrosilamin-orthofenatrolin, spektrofotometer 508 nm), dan Mn dalam air (ekstraksi NH₄OAc 1N pH 4,8 dan reagen buffer sodium periodate+buffer sodium fosfat-asam sitrat, spektrofotometer 540 nm). Pengukuran dilaksanakan pada minggu keempat setelah perlakuan diaplikasikan.

Data hasil pengamatan dianalisis dengan uji kehomogenan ragam Bartlett. Apabila data homogen, maka dilanjutkan dengan analisis ragam (ANOVA). Namun apabila data tidak homogen dilakukan transformasi data sehingga data menjadi homogen. Jika di antara perlakuan terdapat perbedaan, maka dilanjutkan dengan uji LSD (*Least Significant Difference*), dengan program Anova Excel V-3.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Nilai pH Air

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa pemberian dosis TKKS berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan nilai pH air pada setiap periode pengamatan (Gambar 1).



Gambar 1. Pengaruh pemberian dosis TKKS terhadap nilai pH air pada setiap periode pengamatan. Garis di atas batang merupakan standar deviasi dari rata-rata (n=4). Huruf yang sama pada periode pengamatan yang sama menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji LSD taraf α 5%.

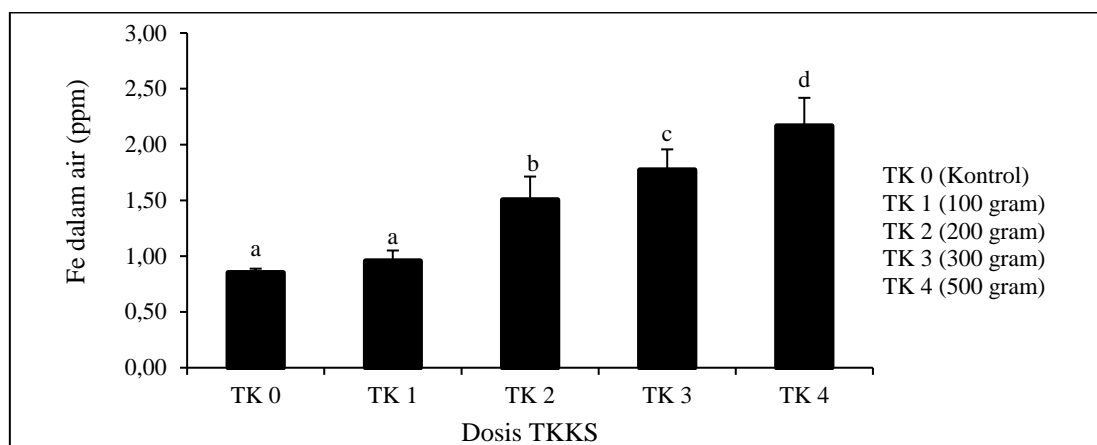
Air asam tambang terbentuk dari aktivitas penambangan batu bara. Metode yang bisa digunakan untuk pengelolaan AAT menggunakan *passive treatment* pada sistem lahan basah buatan (*constructed wetland*). Metode ini bertujuan untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas AAT, sebelum dilepas ke lingkungan. Kualitas AAT

harus sesuai dengan baku mutu limbah cair pertambangan, oleh karena itu diperlukan metode pengelolaan yang tepat dalam menurunkan kandungan logam-logam terlarut.

Derajat keasaman atau pH merupakan salah satu ukuran yang menunjukkan kualitas air, yaitu jumlah aktivitas ion hidrogen dalam air. Nilai pH AAT sebelum diaplikasikan dengan dosis TKKS, yaitu 3,75 sedangkan nilai pH setelah diberi perlakuan dari minggu pertama sampai minggu keempat secara keseluruhan meningkat. Nilai pH yang tersebut sudah memenuhi baku mutu limbah cair pertambangan, kecuali perlakuan kontrol. Peningkatan nilai pH terjadi karena adanya kontribusi bahan organik yang bermuatan negatif (koloid) sehingga dapat menjerap ion H^+ yang merupakan salah satu penyebab kemasaman tanah (Cyio, 2008). Nilai pH pada kondisi masam akan meningkat bila tergenang beberapa minggu yang disertai dengan pemberian bahan organik. Limbah organik mampu menetralisasi AAT dengan tersedianya basa-basa (Na, K, Ca, Mg). Kompos TKKS memiliki nilai pH relatif tinggi mencapai 8,00 sehingga berpotensi sebagai bahan pembenah kemasaman tanah (Darnoko et al., 1993). Bahan organik mempunyai peran sebagai *buffering capacity* sehingga dapat meningkatkan atau menurunkan pH lingkungan (Stevenson, 1982).

3.2. Kandungan Besi (Fe) dalam Air

Pemberian TKKS dengan beberapa dosis berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan Fe dalam air. Konsentrasi Fe paling rendah ada perlakuan TK 0 dan TK 1, sedangkan perlakuan paling tinggi pada perlakuan TK 4 (Gambar 2).



Gambar 2. Pengaruh pemberian dosis TKKS terhadap Fe dalam air pada 4 minggu setelah aplikasi. Garis di atas batang merupakan standar deviasi dari rata-rata ($n=4$). Huruf yang sama menunjukkan bahwa perlakuan tidak berbeda nyata berdasarkan uji LSD pada taraf 5%.

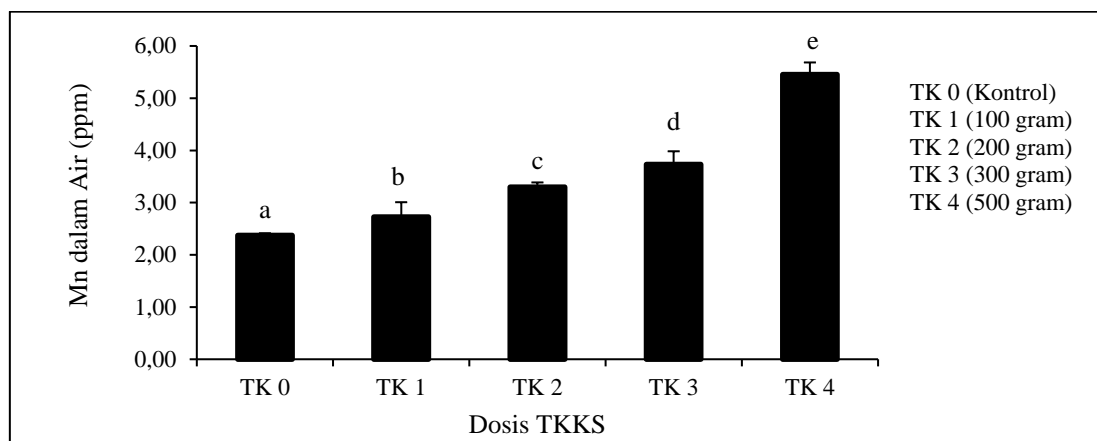
Sistem lahan basah buatan menunjukkan peningkatan konsentrasi Fe dalam air setelah diaplikasikan dengan TKKS berpengaruh sangat nyata. Hasil analisa awal kandungan Fe AAT, yaitu 0,43 ppm, sedangkan sesudah diaplikasikan dengan TKKS mengalami kenaikan konsentrasi Fe dalam air 0,85 hingga 2,17 ppm. Konsentrasi Fe dalam air ini masih memenuhi baku mutu limbah cair pertambangan. Herniwanti (2012) menyatakan pH dan Fe memiliki hubungan negatif nyata, yaitu semakin rendah pH, maka kelarutan Fe semakin tinggi. Hal ini terjadi diduga penggenangan dengan pemberian bahan organik pada lahan basah buatan mendorong terjadinya proses reduksi melalui bantuan mikroorganisme tanah. Tanah dengan lingkungan oksidatif, Fe dominan dalam bentuk Fe^{3+} sedangkan pada suasana reduktif (anaerob) Fe dalam bentuk Fe^{2+} . Dalam suasana reduktif, tingkat ketersediaan Fe lebih besar dibandingkan dengan suasana oksidatif. Penggenangan mempengaruhi mobilitas Fe karena semakin lama penggenangan Fe^{2+} , maka mobilitas Fe semakin meningkat (Prasetyo et al., 2006). Unsur Fe dan Mn berpengaruh pada reduksi sulfat pada proses *batch* anaerob (Sudarno et al., 2018).

3.3. Kandungan Mangan (Mn) dalam Air

Hasil ANOVA menunjukkan pemberian dosis TKKS berpengaruh sangat nyata terhadap Mn dalam air. Hasil uji LSD menunjukkan bahwa Mn paling rendah terdapat pada perlakuan TK 0 (0 g TKKS), sedangkan perlakuan paling tinggi pada perlakuan TK 4 (500 g TKKS) (Gambar 3).

Sistem lahan basah buatan menunjukkan peningkatan Mn dalam air setelah diaplikasikan dengan dosis TKKS berpengaruh sangat nyata. Hasil analisa awal kandungan Mn AAT adalah sebesar 2,78 ppm. Setelah diaplikasikan TKKS, konsentrasi Mn mengalami kenaikan konsentrasi kecuali perlakuan TK 0 (kontrol). Kandungan Mn dalam air pada perlakuan TK 1 (100 g TKKS), TK 2 (200 g TKKS), dan TK 3 (300 g TKKS) memenuhi baku mutu

limbah cair pertambangan yang tertera dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 dan Peraturan Gubernur Provinsi Kalimantan Selatan Nomor 04 Tahun 2007.



Gambar 3. Pengaruh pemberian dosis TKKS terhadap Mn dalam air pada 4 minggu setelah aplikasi. Garis di atas batang merupakan standar deviasi dari rata-rata ($n=4$). Huruf yang berbeda menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda nyata berdasarkan uji LSD pada taraf 5%.

Kelarutan Mn dipengaruhi oleh beberapa faktor terutama oleh pH dan reduksi-oksidasi (redoks). Unsur Mn merupakan suatu unsur yang sulit untuk dihilangkan karena memiliki sifat kelarutannya yang tinggi, baik dalam kondisi netral maupun asam (Yadav dan Jamal, 2017). Faktor penggenangan pada sistem lahan basah buatan diduga dapat meningkatkan kandungan Mn dalam air. Menurut Riwandi dan Munawar (2007) kekahatan Mn terjadi paling sering pada tanah dengan pH netral sampai alkali dan tanah dengan kadar bahan organik tinggi. Kondisi anaerob merupakan kondisi di mana kadar oksigen terlarut sangat rendah, proses reduksi tergantung dari jumlah bahan organik yang mudah terurai. Semakin tinggi kandungan bahan organik, semakin besar intensitas reduksinya (Sanchez, 1976). Dengan kata lain, semakin tinggi konsentrasi Mn terlarut, maka semakin cepat laju oksidasi dan penghilangan Mn dari larutan. Begitu pula, semakin besar jumlah endapan Mn oksida atau hidroksida, maka penghilangan Mn juga semakin cepat. Kecepatan oksidasi Mn lebih rendah dibandingkan kecepatan oksidasi Fe, yang menyebabkan Mn lebih sulit dioksidasi dibandingkan Fe (Said, 2003).

4. Kesimpulan

Pemberian TKKS pada media buatan memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kenaikan pH, Fe, dan Mn. Dosis TKKS yang efektif digunakan untuk pengelolaan AAT terdapat pada perlakuan TK 1, yaitu aplikasi 100 g TKKS, karena telah memenuhi baku mutu limbah cair pertambangan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT Jorong Barutama Greston (JBG) untuk kesempatan yang diberikan menggunakan AAT dari area tambang JBG sebagai bahan di dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Cyio, B. 2008. Efektivitas bahan organik dan tinggi genangan terhadap perubahan Eh, pH, dan status Fe, P, Al, terlarut pada tanah Ultisol. *Jurnal Agroland* 15(4), 257-263.
- Darnoko, Poelangan, Z., Anas, I. 1993. Pembuatan pupuk organik dan tandan kosong kelapa sawit. *Buletin Penelitian Kelapa Sawit* 1(1), 89-99.
- Herniwanti. 2012. Kajian kombinasi pengolahan metode aktif dan pasif limbah air asam tambang batubara yang berwawasan lingkungan. Tesis Pasca Sarjana Universitas Brawijaya, Malang.
- Prasetyo, T.B., Ruhaimah, S.A., Wardhana. 2006. Pengaruh pengelolaan air terhadap konsentrasi besi (Fe) pada sawah bukaan baru. *Journal Solum III* (1), 8-18. <https://doi.org/10.25077/js.3.1.8-18.2006>
- Prihatini, N.S., Priatmadi, B.J., Aniek, M., Soemarno. 2015. Performance of the horizontal subsurface-flow constructed wetland different with operational procedures. *International Journal of Advanced in Engineering and Technology* 7(6), 1620-1629.

- Prihantini, N.S., Imam, M.S. 2015. Pengolahan air asam tambang menggunakan sistem lahan basah buatan: Penyisihan Mangan (Mn). Jukung : Jurnal Teknik Lingkungan 1(1), 6-12. [10.20527/jukung.v1i1.1040](https://doi.org/10.20527/jukung.v1i1.1040)
- Riwandi, Munawar, A. 2007. Uji laboratorium sifat-sifat limbah organik dan mekanisme remediasi air asam tambang. Project Report Lembaga Penelitian Universitas Bengkulu.
- Said, N.I. 2003. Metoda penghilangan zat besi dan mangan di dalam penyediaan air minum domestik. Jurnal Air Indonesia 1(3), 239-250. <https://doi.org/10.29122/jai.v1i3.2352>
- Sanchez, P.A. 1976. Properties and Management on Soil in the Tropics. John Wiley and Sons., New York, 618p.
- Skousen, J. 1998. Overview of Passive Systems for Treating Acid Mine Drainage. West Virginia University, Amerika Serikat, pp. 34-43.
- Stevenson, F.J. 1982. Humus Chemistry. John Wiley and Sons, New York, 512p.
- Sudarno, Y.S., Hanafiah, A.S., Sembiring, M. 2018. Uji potensi isolat bakteri pereduksi sulfat (BPS) terhadap perubahan kemasaman tanah sulfat masam dan pertumbuhan tanaman jagung dengan kondisi air tanah berbeda di rumah kaca. Jurnal Agroekoteknologi FP USU 6(3), 515- 525.
- Udoetok, I.A. 2012. Characterization of ash made from oil palm empty fruit bunches. International Journal of Environmental Science 3(1), 515-524. [doi:10.6088/ijes.2012030131033](https://doi.org/10.6088/ijes.2012030131033)
- Yadav, H.L., Jamal, A. 2017. Treatment of acid mine drainage using a sandstone column. Rasayan Journal Chemistry 10(3), 891-896 <http://dx.doi.org/10.7324/RJC.2017.1031781>