

**VARIASI BAHAN ORGANIK PADA MEDIA LAHAN BASAH BUATAN
ALIRAN PERMUKAAN DALAM MENGOLAH AIR ASAM TAMBANG**
*VARIATION OF ORGANIC MATERIALS IN SURFACE FLOWS WETLAND FOR TREATING
ACIDED MINE WATER*

Lidya Mardhiati, Nopi Stiyati Prihatini, Indah Nirtha Nilawati

*Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik ULM,
Jl. A. Yani Km. 37, Banjarbaru, Kode Pos 70714, Indonesia
E-mail: lidyamardhiati1@gmail.com*

ABSTRAK

*Keberadaan aktifitas pertambangan batubara tidak dapat dipisahkan dari pencemaran lingkungan yang ditimbulkan. Air asam tambang merupakan salah satu pencemaran lingkungan yang ditimbulkan dari aktifitas pertambangan dengan karakteristik nilai pH rendah dan konsentrasi logam tinggi yang dapat berbahaya bagi kehidupan manusia dan juga perairan. Upaya pengolahan yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak tersebut adalah dengan sistem lahan basah buatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas system lahan basah buatan dengan aliran permukaan dalam mengolah air asam tambang terhadap parameter pH dan Mn menggunakan variasi bahan organik tandan kosong kelapa sawit, potongan kayu, limbah sulingan sereh wangi dan pupuk kandang. Proses pengolahan dilakukan selama 15 hari dengan sistem batch menggunakan tanaman purun tikus (*Eleocharis dulcis*). Volume air sebanyak 120 l dengan jumlah total media overburden 160 kg dan bahan organik 25 kg. Hasil penelitian setelah proses pengolahan berlangsung menunjukkan jenis bahan organik yang mampu meningkatkan nilai pH dan menurunkan konsentrasi Mn pada air asam tambang adalah tandan kosong kelapa sawit.*

Kata Kunci: Lahan Basah Buatan, TKKS, limbah sulingan sereh wangi, potongan kayu, pupuk kandang

ABSTRACT

*The existence of coal mining activities cannot be separated from the resulting environmental pollution. Acid mine drainage is one of the environmental pollutants arising from mining activities with the characteristics of low pH values and high metal concentrations that can be harmful to human life and also the waters. Management effort to reduce these impacts is using constructed wetlands. This study aims to determine the effectiveness of constructed wetlands surface flow in treating pH and Mn parameters in acid mine drainage using variations of organic material such as oil palm of empty bunches, cymbopogon nardus waste, wood chips and animal manure. The processing is carried out for 15 days with a batch system using purun tikus (*Eleocharis dulcis*). The volume of water is 120 l with total media amount of overburden is 160 kg and 25 kg organic matter. The results of the study after the treatment showed that the type of organic material that can increase the pH value and reduce the concentration of Mn in acid mine drainage is oil palm of empty bunches.*

Keywords: *Constructed Wetlands, Oil Palm of Empty Bunch (TKKS), Cymbopogon nardus Waste, Wood Chips, Animal Manure*

1. PENDAHULUAN

Batubara merupakan sumberdaya mineral yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan energy baik dalam maupun luar negeri. Potensi batubara yang melimpah ruah di Kalimantan Selatan berimbas pada banyaknya aktifitas penambangan. Kalimantan Selatan sendiri menduduki posisi ketiga sebagai provinsi dengan potensi batubara terbesar setelah dua provinsi lainnya di Indonesia yaitu Sumatera Selatan dan Kalimantan Timur (Iman, 2012).

Aktifitas penambangan seperti kegiatan penggalian dan penimbunan pada penambangan batubara secara terbuka dapat menyebabkan mineral pirit dan bahan mineral sulfida lainnya terekspos ataupun tersingkap ke permukaan tanah sehingga memungkinkan adanya kontak dan terjadilah proses oksidasi dengan air dan juga oksigen. Proses oksidasi tersebut dapat menimbulkan limbah cair bersifat asam yang dikenal dengan air asam tambang (AAT) yang mana merupakan salah satu bahan pencemar lingkungan. AAT memiliki nilai pH rendah dan konsentrasi logam berat seperti Mn yang cukup tinggi mempengaruhi permukaan dan air tanah sehingga sangat berbahaya bagi kehidupan manusia maupun perairan secara umum (Champagne, Van Geel, & Parker, 2005; Yusron, 2009).

Pemantauan kualitas air limbah kegiatan penambangan batubara perlu dilakukan sebagai upaya pengelolaan lingkungan. Pedoman tersebut mengacu pada Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008 Tentang Perubahan Atas Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 04 Tahun 2007 Tentang Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan. Baku mutu tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Pernambangan, Pengolahan / Pencucian Batubara

Parameter	Satuan	Kadar maksimum
pH	-	6-9
Mangan (Mn) Total	Mg/l	4

Sumber : (Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008)

Berdasarkan data uji pendahuluan pada PT. Jorong Barutama Greston, AAT pada void M45C memiliki nilai pH sebesar 3,7 dan konsentrasi Mn sebesar 20,87 ppm. Nilai tersebut belum memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008 sehingga perlu dilakukan pengolahan lanjutan terhadap air asam tambang secara tepat. Solusi ramah lingkungan yang berkelanjutan dan paling efektif untuk remediasi AAT jangka panjang adalah lahan basah buatan (LBB). LBB merupakan suatu pengolahan limbah cair yang menirukan proses yang terjadi pada lahan basah. Biaya operasional yang jauh lebih murah dari teknologi aktif, teknologi bersifat alami dan ramah lingkungan, serta mekanisme pengoperasian dan pemeliharaan yang cukup mudah menjadikan LBB patut diperhitungkan sebagai suatu sistem pengolahan AAT di Indonesia (Sutanto, 2015).

LBB merupakan system pengolahan limbah cair yang didesain sedemikian rupa dengan meniru proses alami lahan basah yang melibatkan vegetasi lahan basah, tanah dan mikroorganisme. Secara umum sistem pengolahan limbah dengan LBB ada 2 tipe, yaitu sistem aliran permukaan (*Surface Flow Constructed Wetland*) atau FWS (*Free Water System*) dan sistem aliran bawah permukaan (*Sub-Surface Flow Constructed Wetland*) atau sering dikenal dengan sistem *SSF-Wetlands*. Lahan basah buatan aliran permukaan (LBB-AP) memiliki beberapa keunggulan dibandingkan lahan basah buatan aliran bawah permukaan (LBB-ABP) seperti biaya konstruksi dan pengoperasian lebih murah, desainnya pun lebih sederhana, menawarkan control aliran yang lebih bagus dan lain-lain (Halverson, 2004). Hakim (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa efisiensi penurunan Mn pada AAT jauh lebih besar terjadi pada LBB-AP dibanding LBB-ABP dengan persentase sebesar 73,90% pada LBB-AP dan 65,42% pada LBB-ABP.

Salah satu komponen yang berperan penting dalam proses pengolahan pada LBB adalah media. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Riwandi & Munawar (2007), bahan organik berpotensi digunakan untuk remediasi AAT. Bahan organik adalah semua bahan yang berasal dari jaringan tanaman dan hewan baik yang masih hidup maupun yang telah mati, pada berbagai tahap dekomposisi. Bahan organik memiliki kemampuan dalam menyerap logam berat sehingga dapat menurunkan konsentrasi logam berat dan dapat menetralkan asam sehingga dapat meningkatkan pH (Mulyadi, 2008)

Bahan organik tersebut dapat menurunkan logam berat dikarenakan dapat bereaksi dengan logam tersebut sehingga membentuk senyawa kompleks. Pada bahan organik terdapat kandungan gugus fungsional yang dapat bersifat aktif dalam menyerap logam berat. Gugus fungsional tersebut diantaranya gugus fungsi karboksil (-COOH), hidroksil (-OH), dan karbonil (-C=O). Gugus dari bahan organik tersebut dapat berikatan dengan logam berat melalui suatu proses pengelatan sehingga dapat membentuk kompleks dengan ion logam (Buhani & Suharso, 2006 dalam Fitri, 2018; Priyadi, Darmaji, Santoso, & Hastuti, 2013). Disamping hal tersebut, bahan organik juga mampu meningkatkan nilai pH dengan cara mengikat ion H^+ sehingga ion kemasaman yang terdapat pada AAT akan berkurang (Riwandi & Munawar, 2008).

Vegetasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah purun tikus. Prihatini dkk., (2016) melakukan penelitian yang membandingkan peran menggunakan dan tanpa menggunakan tanaman purun tikus terhadap kinerja system LBB. Hasil efisiensi menggunakan purun tikus sebesar 78,94%, sementara efisiensi tanpa menggunakan purun tikus sebesar 15,53%. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi system LBB menjadi lebih besar ketika menggunakan purun tikus dalam sistem daripada tanpa adanya tanaman tersebut dalam sistem.

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah *overburden* dikarenakan ketersediaannya yang melimpah di area pertambangan PT. Jorong Barutama Greston sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai media LBB-AP. Penambahan bahan organik pada LBB-AP menggunakan Tandan kosong kelapa sawit (TKKS), limbah sulingan sereh wangi (LSSW), potongan kayu dan pupuk kandang. TKKS, potongan kayu dan pupuk kandang sudah tersedia di PT. Jorong barutama Greston. Sedangkan LSSW didapatkan di daerah sekitar PT. Jorong Barutama Greston. Pemilihan bahan organik tersebut dimaksudkan untuk memanfaatkan limbah organik yang sudah

tersedia di PT. Jorong Barutama Greston maupun di daerah sekitar perusahaan sehingga dapat menjadi rekomendasi dan mudah diaplikasikan oleh perusahaan. Selanjutnya tanaman purun tikus yang digunakan pun mudah dijumpai disekitar void PT. Jorong Barutama Greston.

Mengacu pada penelitian di atas, peneliti ingin mengetahui kemampuan media dalam mengolah air asam tambang terhadap parameter pH dan Mn dengan memvariasikan media LBB-AP dengan bahan organik yang digunakan adalah TKKS, LSSW, potongan kayu, dan pupuk kandang. Pemanfaatan bahan organik dapat menjadi salah satu pilihan dalam pengolahan AAT. Selain dapat mengurangi volume limbah organik / bahan organik tersebut, juga dapat menambah nilai ekonomis dari masing-masing limbah tersebut

Peneliti memfokuskan penelitian pada bagaimana efisiensi sistem LBB-AP dengan TKKS, limbah sulingan sereh wangi, potongan kayu, dan pupuk kandang dalam mengolah AAT terhadap parameter pH dan Mn dan jenis bahan organik apakah yang paling berpengaruh pada efektivitas sistem LBB-AP dalam mengolah AAT terhadap parameter pH dan Mn.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis efisiensi sistem LBB-AP dengan TKKS, limbah sulingan sereh wangi, potongan kayu, dan pupuk kandang dalam mengolah AAT terhadap parameter pH dan Mn. Selanjutnya menentukan jenis bahan organik yang berpengaruh pada efektivitas sistem LBB-AP dalam mengolah AAT terhadap parameter pH dan Mn.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Jorong Barutama Greston Kecamatan Jorong Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. Pelaksanaan penelitian pada bulan Agustus 2018 – April 2019. Lokasi pengambilan *overburden*, TKKS, potongan kayu, pupuk kandang dan purun tikus yaitu di PT. Jorong Barutama Greston. Limbah sulingan sereh wangi berasal dari Kelompok Tani Maju Abadi. Pengujian reaktor LBB-AP dilakukan di PT Jorong Barutama Greston. Sedangkan pengujian sampel air dilakukan di dua tempat yaitu, PT Jorong Barutama Greston dan BARISTAND.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi media berupa OB, TKKS, limbah sulingan sereh wangi, potongan kayu, pupuk kandang, dan purun tikus. Air Asam Tambang PT Jorong Barutama Greston Kecamatan Jorong Kabupaten Tanah Laut Provinsi Kalimantan Selatan, selotip pipa, lem pipa, kain kasa, larutan *Buffer* pH 4 dan pH 7, larutan HNO₃ dan bahan kimia untuk analisis parameter uji Mn. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa PVC Ø 3/4 inch sebagai pipa *outlet* sepanjang ± 30 cm, keran, klep. Reaktor penelitian berbahan kayu dengan dimensi 150 cm x 50 cm x 75 cm. Terpal sebagai bahan pelapis bagian dalam reaktor. Tandon air sebagai penampung air dengan kapasitas 3300 L, selang untuk memasukkan influen, botol sampel plastik kapasitas 250 ml sebagai tempat penampung sampel air yang akan diuji, pH meter digital sebagai alat pengukur nilai pH, kertas label, pipet, alat pencacah, timbangan, Hach DR 3900, spektrofotometer sebagai alat untuk mengukur konsentrasi Mn, *ice gel*, *cool box*, dan kamera digital sebagai alat dokumentasi.

Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan untuk jenis media, 1 tanpa perlakuan sebagai kontrol, dan masing-masing dengan ulangan sebanyak 3 kali sehingga terdapat 15 buah reaktor.

Perlakuan penelitian untuk jenis media, meliputi :

- A0 : *Overburden* (kontrol)
- A1 : *Overburden* dan tandan kosong kelapa sawit
- A2 : *Overburden* dan limbah sulingan sereh wangi
- A3 : *Overburden* dan potongan kayu
- A4 : *Overburden* dan pupuk kandang

Rancangan percobaan berupa RAL dapat dilihat dalam Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 2. Rancangan Acak Lengkap

Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3
A0	A.0.1	A.0.2	A.0.3
A1	A.1.1	A.1.2	A.1.3
A2	A.2.1	A.2.2	A.2.3
A3	A.3.1	A.3.2	A.3.3
A4	A.4.1	A.4.2	A.4.3

Lahan basah buatan ini menggunakan sistem *batch* (Johar Latifah, 2014) dengan aliran permukaan (Hakim, 2016). Reaktor sebanyak 15 buah dengan ukuran reaktor 150 cm x 50 cm x 75 cm (Bendoricchio dkk., 2000). Media yang akan digunakan adalah *Overburden* (OB), TKKS, limbah sulingan sereh wangi, potongan kayu, dan pupuk kandang. Reaktor diisi media yang disusun layer (Madaniyah, 2016) dengan perbandingan OB : bahan organik = 6,4 : 1. Tanaman yang digunakan adalah purun tikus yang ditanam dengan jarak 15 x 15 cm. Pengambilan sampel dilakukan saat mencapai waktu detensi yaitu pada hari ke 15. Desain reaktor disajikan pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Desain Reaktor

Keterangan :

- a. Air asam tambang = 120 l
- b. *Overburden* lapisan atas = 24 Kg
- c. Bahan organik = 25 Kg
- d. *Overburden* lapisan dasar = 136 Kg
- e. Panjang reaktor = 150 cm
- f. Lebar rektor = 50 cm
- g. Tinggi reaktor = 75 cm

2.3 Analisis Data

Analisis data untuk mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi Mn menggunakan persamaan yang ditunjukkan pada Pers (1) sebagai berikut :

$$E = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\% \quad \dots\dots (1)$$

Dimana :

E = Persen penurunan (%)

C_o = Kadar mangan awal (mg/l)

C_e = Kadar mangan akhir (mg/l)

Data-data yang diperoleh selanjutnya disajikan dalam tabel dan juga grafik yang kemudian dianalisis secara statistik dan dijabarkan secara deskriptif. Analisis data dilakukan dengan menggunakan Ms. Excel dengan uji anova guna mengetahui pengaruh perlakuan / variabel bebas terhadap variabel terikat.

Statistik uji F yang digunakan yaitu :

Bila F hitung < F tabel maka H₀ diterima

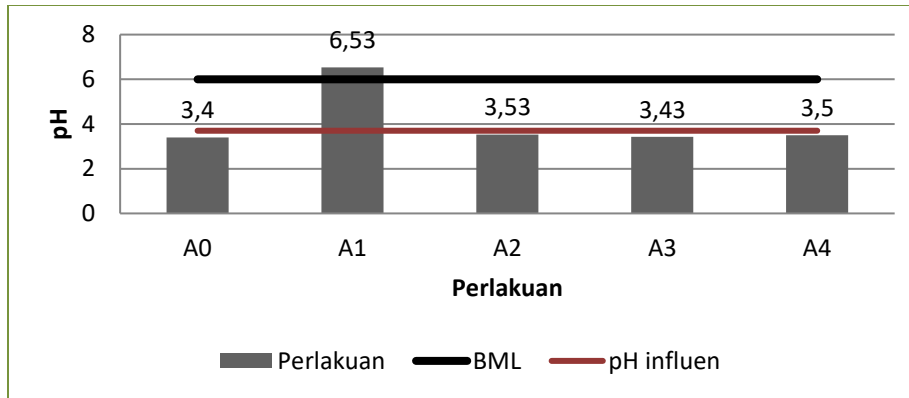
Bila F hitung > F tabel maka H₀ ditolak

Jika didapatkan nilai F hitung < F tabel, maka H₀ diterima, artinya tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan. Bila sebaliknya nilai F hitung > F tabel, maka H₀ ditolak, artinya terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan. Selanjutnya jika perlakuan berpengaruh terhadap parameter yang diukur maka dilanjutkan dengan Uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) untuk mengetahui variasi terbaik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kinerja Sistem LBB-AP Terhadap Nilai pH

Hasil pengukuran nilai pH influen adalah 3,7. Proses pengolahan AAT dengan sistem LBB-AP berlangsung selama 15 hari. Pengukuran pH efluen dilakukan setelah proses pengolahan selesai yaitu pada hari ke 15. Berikut hasil pengukuran pH pada efluen yang ditampilkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. pH pada Efluen

Hasil pengukuran nilai pH yang disajikan pada Gambar 2 menunjukkan adanya penurunan pH dan peningkatan pH setelah proses pengolahan berlangsung. Adanya penurunan pH terjadi pada kontrol dan hampir semua perlakuan yang diberikan. Setelah air diolah dalam sistem LBB-AP selama 15 hari, pH influen 3,7 yang tergolong asam menjadi semakin asam. Kondisi demikian terjadi pada perlakuan A0, A2, A3 dan A4 yang pH efluen nya mengalami penurunan dibandingkan dengan nilai pH influen. Penurunan pH tersebut tidak terjadi secara signifikan. Penurunan pH berkisar antara 0,17 – 0,30. Jika dibandingkan dengan pH influen, pH efluen pada perlakuan A0 menurun sebesar 0,30 poin dari pH influen 3,7 menjadi 3,4. A2 juga mengalami penurunan sebesar 0,17 poin menjadi 3,53. A3 mengalami penurunan pH efluen sebesar 0,27 poin menjadi 3,43 dan A4 mengalami penurunan pH efluen sebesar 0,20 poin menjadi 3,5.

Berbeda halnya dengan A0, A2, A3, dan A4 yang pH efluen nya mengalami penurunan dibandingkan dengan pH influen, A1 merupakan satu-satunya perlakuan yang dapat meningkatkan pH. Diketahui nilai pH efluen pada perlakuan A1 sebesar 6,53. A1 dapat meningkatkan nilai pH hingga 2,83 poin.

Nilai pH tersebut diatur dalam Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008 tentang baku mutu air limbah kegiatan penambangan, pengolahan/pencucian batubara. Terdapat hanya satu perlakuan yang dapat memenuhi baku mutu lingkungan tersebut untuk parameter pH yang berada pada rentang nilai 6-9, yaitu pada perlakuan A1 dengan pH 6,53. Sedangkan pada perlakuan A0, A2, A3 dan A4 masih belum mencapai baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan. .

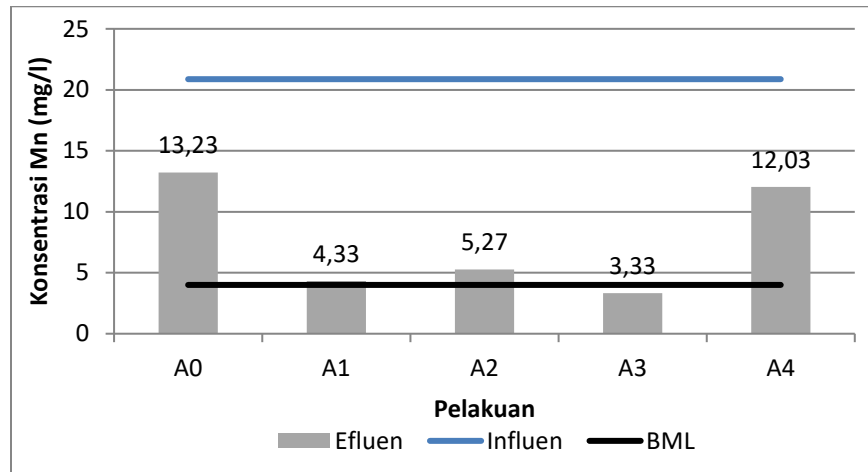
pH merupakan singkatan dari power of hydrogen ataupun potential of hydrogen. Nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaaan suatu perairan. pH merupakan gambaran jumlah atau aktivitas ion hidrogen dalam perairan (Effendi, 2003).

Pengukuran awal pH pada *overburden* menunjukkan nilai 1,4 sehingga diduga tergolong material PAF yang berpotensi membentuk asam sehingga dapat menurunkan pH selama pengolahan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bubala, H., *et al* (2018), hasil analisa *overburden* yang mempunyai nilai pH <5 merupakan PAF, sedangkan *overburden* yang mempunyai nilai pH >5 merupakan NAF. Penelitian lainnya dilakukan oleh Dutta, *et al* (2018) yang menyatakan adanya penurunan pH antara air yang kontak dengan *overburden* selama 1 jam (pH 6,72) dibandingkan dengan selama 3 jam (pH 4,76).

Dalam penelitian ini, peningkatan pH hanya terdapat pada perlakuan A1 yaitu pada perlakuan penambahan bahan organik TKKS. pH influen yang rendah menunjukkan banyaknya ion H^+ yang terbebas. TKKS lebih banyak aktif dalam mengikat ion H^+ karena Ion H^+ dapat diikat dengan komponen ion negatif yang terdapat pada TKKS. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Delima (2019) bahwa asam-asam organik sebagai hasil dekomposisi TKKS dapat mengikat ion H^+ sebagai penyebab kemasaman. AAT dengan pH yang tergolong rendah yaitu sebesar 3,7 dapat dinaikkan sebesar 2,83 poin menjadi 6,53 dikarenakan banyaknya kandungan gugus-gugus fungsi negatif yang terdapat pada TKKS sehingga ion H^+ sebagai penyebab keasaman dapat diikat sehingga pada akhirnya mampu meningkatkan pH AAT (Dewani, 2015; Prasetiyono, 2015).

3.2 Efisiensi Sistem LBB-AP Terhadap Mn Total

Hasil pengukuran konsentrasi Mn total pada influen adalah 20,97 mg/l. Berikut hasil pengukuran konsentrasi Mn pada efluen yaitu setelah proses pengolahan berlangsung selama 15hari yang ditampilkan pada Grafik 2.



Gambar 3. Konsentrasi Mn Pada Efluen

Hasil penelitian pada Gambar 3 menunjukkan adanya penurunan konsentrasi Mn efluen pada kontrol dan semua perlakuan yang diberikan. Penurunan konsentrasi Mn terbesar terdapat pada perlakuan A3 dengan konsentrasi sebesar 3,33 mg/l. Adapun pada perlakuan A0, A1, A2, dan A4 konsentrasi Mn secara berturut-turut sebesar 13,23 mg/l; 4,33 mg/l; 5,27 mg/l; dan 12,03 mg/l. Walaupun semua perlakuan mengalami penurunan konsentrasi Mn, jika dibandingkan dengan baku mutu air limbah kegiatan penambangan, pengolahan/pencucian batubara yang diatur pada Pergub Kalsel 036 Tahun 2008, hanya terdapat satu perlakuan saja yang memenuhi baku mutu tersebut dengan nilai ≤ 4 yaitu pada perlakuan A3 sebesar 3,33 mg/l. Sedangkan pada perlakuan A0, A1, A2, dan A4 masih belum memenuhi baku mutu lingkungan meskipun pada perlakuan A1 konsentrasi Mn sudah mendekati kadar maksimum baku mutu tersebut.

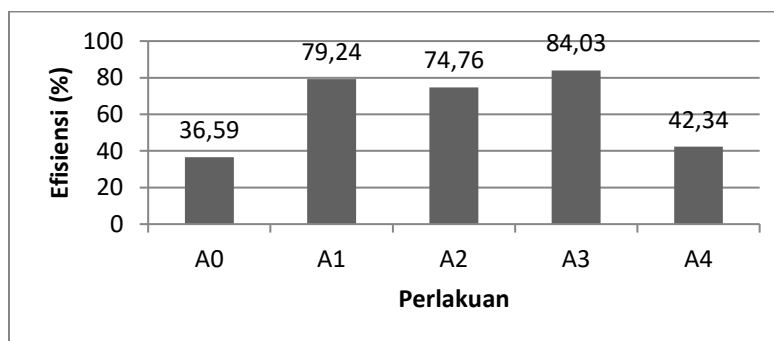
Berdasarkan penelitian yang dilakukan, perbandingan antara influen dan efluen pada semua perlakuan menunjukkan bahwa pengolahan dengan LBB-AP mampu menurunkan logam berat. Penurunan konsentrasi Mn oleh LBB-AP pada perlakuan dengan menggunakan bahan organik (A1, A2, A3 dan A4) lebih besar dibandingkan dengan LBB-AP tanpa penambahan bahan

organik (A0). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Setiawan (2014) yang menyatakan bahwa penggunaan media yang ditambahkan bahan organik pada LBB dapat menurunkan konsentrasi Mn lebih besar dari pada media LBB tanpa penambahan bahan organik.

Penambahan bahan organik pada media LBB menyebabkan terjadinya pembentukan kompleks sehingga berpengaruh pada penurunan Mn. Asam organik yang terbentuk ketika awal proses dekomposisi bahan organik berlangsung memiliki struktur dan karakteristik berbeda-beda bergantung pada gugus fungsional yang menyusun bahan organik tersebut. Jika senyawa organik bereaksi dengan zat lain, maka gugus fungsional inilah yang bersifat paling reaktif (Alviantoro, 2012; Dewani, 2015).

Perlakuan A1 menurunkan konsentrasi Mn AAT menjadi 4,33 mg/l dikarenakan komponen utama pada TKKS yaitu lignin yang mengandung gugus fungsi dan dapat melakukan pengikatan dengan ion logam dikarenakan adanya gugus hidroksil (-OH) dan karbonil (-C=O). Sedangkan peran selulosa dan hemiselulosa dalam penurunan konsentrasi Mn dikarenakan adanya gugus hidroksil (-OH) yang dapat berinteraksi dengan Mn (Maslahat, Hutangol, & Lestari, 2012). Perlakuan A2 menurunkan konsentrasi Mn AAT menjadi 5,27 mg/l dikarenakan kandungan LSSW yang terdiri dari flavonoid dan tanin yang memiliki gugus hidroksil (-OH) sedangkan kuinon memiliki gugus karbonil sehingga gugus-gugus tersebut bereaksi dengan ion logam Mn membentuk suatu kompleks yang stabil (Yuliyani, 2015). senyawa fenol (flavonoid dan tanin) dapat berfungsi sebagai agen pengkhelet logam. Perlakuan A3 mampu menurunkan konsentrasi Mn paling besar menjadi 3,33 mg/l dikarenakan sebagian besar kandungan kimia potongan kayu adalah lignin dan selulosa. Sama halnya dengan bahan organik lainnya, potongan kayu memiliki kemampuan dalam menurunkan logam berat. Gugus fungsi yang berperan adalah gugus hidroksil (-OH) dan karbonil (-C=O) yang sebagian besar terdapat pada selulosa dan lignin. Perlakuan A4 menurunkan konsentrasi Mn AAT menjadi 12,03 mg/l. Perlakuan pupuk kandang merupakan perlakuan dengan penurunan Mn paling sedikit jika dibandingkan dengan perlakuan A1, A2, dan A3. Hal ini mungkin dikarenakan pupuk kandang yang belum terdekomposisi secara sempurna atau belum matang sehingga mengandung selulosa yang hanya memiliki gugus fungsi hidroksil.

Perhitungan efisiensi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan sistem dengan masing-masing perlakuan dalam menurunkan Mn. Berikut hasil perhitungan efisiensi sistem LBB-AP terhadap nilai Mn pada efluen yaitu setelah proses pengolahan berlangsung yang ditampilkan pada Grafik 3.



Gambar 4. Efisiensi Sistem LBB-AP Terhadap Konsentrasi Mn

Gambar 4 diatas menunjukkan nilai efisiensi penurunan konsentrasi Mn paling besar oleh A3 dengan nilai sebesar 84,03%. Selanjutnya nilai efisiensi penurunan konsentrasi Mn paling besar diikuti oleh A1 dengan nilai sebesar 79,24%. A2 dengan nilai efisiensi penurunan konsentrasi Mn sebesar 74,76 %. A4 dengan nilai efisiensi penurunan konsentrasi Mn sebesar 42,34 % dan terakhir A0 dengan nilai efisiensi penurunan konsentrasi Mn sebesar 36,59%.

Berdasarkan hasil analisis uji statistik (Uji F pada taraf 5%) menunjukkan perlakuan berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi Mn. Hal tersebut diketahui dari nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, yaitu dengan nilai $9,22 > 3,48$ yang menyatakan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan. Dengan demikian analisis dilanjutkan dengan uji DMRT pada taraf 5% yang disajikan pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Uji DMRT Taraf 5% terhadap Konsentrasi Mn

No.	Kode	Nilai Tengah (A-Z)	Superskrip	1 A3	2	3	4	5
1	A3	3.33	A	Ns	A1			
2	A1	4.33	A	Ns	ns	A2		
3	A2	5.27	A	Ns	ns	ns	A4	
4	A4	12.03	B	S	s	s	ns	A0
5	A0	13.23	B	S	s	s	ns	Ns

Tabel 3 menunjukkan pengaruh yang sama pada perlakuan A1, A2 dan A3 terhadap kemampuan penurunan Mn. Hal ini ditunjukkan dengan adanya notasi yang sama (a) yang mengikuti perlakuan A1, A2 dan A3. Sedangkan perlakuan A0 berbeda nyata pengaruhnya terhadap perlakuan A1, A2 dan A3 namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan A4. Perlakuan A0 menunjukkan notasi yang sama (b) dengan perlakuan A4.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Sistem LBB-AP dengan perlakuan tandan kosong kelapa sawit mampu meningkatkan nilai pH air asam tambang sebesar 2,83 point, sementara Sistem LBB-AP dengan perlakuan potongan kayu mampu menurunkan konsentrasi Mn dengan nilai efisiensi sebesar 84,03%. Jenis bahan organik yang berpengaruh pada efektivitas system LBB-AP dalam mengolah AAT terhadap parameter pH dan Mn adalah tandan kosong kelapa sawit

4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah perlunya pelaksanaan analisis lebih lanjut terhadap parameter seperti Fe dan Cd serta TSS sebagai upaya pengelolaan lingkungan. Kemudian perlunya pelaksanaan penelitian lanjutan untuk mengolah air asam tambang dengan media jenis lain atau kombinasi dari beberapa jenis media agar didapatkan hasil yang lebih maksimal. Terakhir perlunya pelaksanaan penelitian lanjutan untuk mengolah air asam tambang dengan komposisi media OB dan BO yang berbeda sehingga mendapatkan volume media paling efisien dalam mengolah air asam tambang.

DAFTAR PUSTAKA

- Alviantoro, B. (2012). *Karakterisasi Bahan Organik dan Senyawa Organik Larut Air pada Gambut, Serasah Pinus dan Limbah Cair Kelapa Sawit*. Institut Pertanian Bogor.
- Bendoricchio, G., Cin, L. D., & Persson, J. (2000). Guidelines for free Water Surface Wetland Design. *EcoSys Bd*, 8, 51–91.
- Bubala, H., Jaluahimsa, D. P., & Nurcholis, M. (2018). Rencana Teknis Dalam Pencegahan Air Asam Tambang Dengan Metode Encapsulation Pada Penambangan Batubara Di PT . Agro City Kaltim Kecamatan Long Iram Kabupaten Kutai Barat Propinsi Kalimantan Timur. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi XIII Tahun 2018 (ReTII)*, 2018(November).
- Champagne, P., Van Geel, P., & Parker, W. (2005). A bench-scale assessment of a combined passive system to reduce concentrations of metals and sulphate in acid mine drainage. *Mine Water and the Environment*, 24(3), 124–133. <https://doi.org/10.1007/s10230-005-0083-1>
- Delima, P. (2019). *Pengaruh Pemberian Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Berbagai Variasi Ukuran pada Media Lahan Basah Buatan untuk pengelolaan Air Asam Tambang*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Dewani, Z. (2015). *Kajian Pemanfaatan Biomassa Daun Kayu Putih dan Bakteri Pereduksi Sulfat Dalam Pengolahan Air Asam Tambang*. Institut Pertanian Bogor.
- Dutta, M., Khare, P., Chakravarty, S., Saikia, D., & Saikia, B. K. (2018). Physico-chemical and elemental investigation of aqueous leaching of high sulfur coal and mine overburden from Ledo coalfield of Northeast India. *International Journal of Coal Science and Technology*, 5(3), 265–281. <https://doi.org/10.1007/s40789-018-0210-9>
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Suber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fitri, H. Z. (2018). *Studi Komposisi Pupuk Kandang Pada Media Lahan basah Buatan Aliran Horizontal Bawah Permukaan untuk Menurunkan Besi (Fe) & Mangan (Mn) pada Air Sumur*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Hakim, M. A. (2016a). *Efisiensi Pengolahan Logam (Fe dan Mn) di Air Asam Tambang dengan Menggunakan Lahan Basah Buatan*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Hakim, M. A. (2016b). *Efisiensi Pengolahan Logam (Fe dan Mn) di Air Asam Tambang dengan Menggunakan Lahan Basah Buatan*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Halverson, N. V. (2004). *Review of Constructed Subsurface Flow vs . Surface Flow Wetlands*. (September).
- Hamid, A. (2016). *Dinamika Fe dan Mn di Media Lahan Basah Buatan yang Mengolah Air Asam Tambang di PT. Jorong Barutama Greston (JBG)*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Iman, M. S. (2012). *Rekayasa Penurunan Fe dan Mn Pada Air Asam Tambang Batubara Menggunakan Tanaman Purun Tikus (Eleocharis dulcis) dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Vertikal Bawah Permukaan*. Universitas Lambung Mangkurat.
- Latifah, J. (2014). *Studi Serapan Fe (besi) dan Mn (mangan) Pada Purun Tikus (Eleocharis dulcis)- Kayu*

- Apu (Pistia Stratiotes) terhadap Asam Tambang dengan Sistem Constructed Wetland.* Universitas Lambung Mangkurat.
- Madaniyah. (2016). *Efektivitas Tanaman Air dalam Pembersihan Logam Berat pada Air Asam Tambang.* Institut Pertanian Bogor.
- Maslahat, M., Hutangol, R. P., & Lestari, S. (2012). Potensi Biosorben Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dalam Recovery Limbah Fenol. *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 2(2).
- Mulyadi, A. (2008). *Karakteristik Kompos Dari Bahan Tanaman Kaliandra, Jerami Padi dan Sampah Sayuran.* Institut Teknologi Bogor.
- Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 036 Tahun 2008 Tentang Perubahan Atas Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan Nomor 04 Tahun 2007 Tentang Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Restoran, Rumah Sakit, Domestik dan Pertambangan.* , (2008).
- Prasetyono, E. (2015). Kemampuan Kompos Dalam Menurunkan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Media Budidaya Ikan. *Jurnal Akuatika*, VI(1), 21–29.
- Prihatini, N. S., Nirtha, I., & Iman, M. S. (2016). Role of Purun tikus in vertical subsurface flow constructed wetland in treating manganese (Mn) from coal mine drainage. *Twj*, 2(1), 1–7.
- Priyadi, S., Darmaji, P., Santoso, U., & Hastuti, P. (2013). Khelasi Plumbum (Pb) dan Cadmium (Cd) Menggunakan Asam Sitrat Pada Biji Kedelai. *Agritech*, 33(4), 407–414.
- Riwandi, & Munawar, A. (2007). *Uji Laboratorium Sifat-Sifat Limbah Organik Dan Mekanisme Remediasi Air Asam Tambang.*
- Riwandi, & Munawar, A. (2008). *Remediasi Air Asam Tabang dengan Limbah Organik.* 1–10.
- Setiawan, M. R. (2014). *Rekayasa Media Tanam Pada Proses Fitoremediasi untuk Menurunkan Kandungan Fe dan Mn Pada Air Asam Tambang denngan Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Vertikal Bawah Permukaan.* Universitas Lambung Mangkurat.
- Sutanto, H. B. (2015). *Studi Alternatif Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga dengan Sistem Constructed Wetland menggunakan Tanaman Hias.* Universitas Kristen Duta Wacana.
- Yuliyani, M. (2015). *Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kloroform Limbah Padat Daun Serai Wangi (Cymbopogon nardus) Terhadap Bakteri Pseudomonas aeruginosa dan Staphylococcus aureus.* Universitas Atmajaya Yogyakarta.
- Yusron, M. (2009). *Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Biofilm Bakteri Pereduksi Sulfat.* Institut Pertanian Bogor.