

KUALITAS HIDUP DAN KEMAMPUAN MENYERAP LOGAM BERAT TANAMAN BANGKAL (*Nauclea subdita. Merr*) YANG DITANAM PADA AREAL PASCATAMBANG DI PT. JORONG BARUTAMA GRESTON KABUPATEN TANAH LAUT KALIMANTAN SELATAN

*Quality of Life and Ability to Address Heavy Metals Plants Bangkal (*Nauclea Subdita. Merr*) Which Was Planted in Post-Mining Area at Pt. Jorong Berutama Greston, Tanah Laut Regency, South Kalimantan*

Abdul Hadi, Yudi Firmanul Arifin¹, Adistina Fitriani¹, Ihsan Noor²

1. Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat
2. Program Studi Teknik Tambang Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. Acid mine drainage (AMD) is the result of mining, especially coal mining, generally open-pit mining. Any open pit mining will produce voids filled with acid mine drainage (AMD) which is water formed due to the oxidation of sulfide minerals that are exposed or exposed to the water in the presence of water. One of the highly reactive sulfide minerals in the AMD formation process is pyrite. This is a challenge for the environment how to absorb heavy metals contained in water. Here the researchers tried to use the method of Phytoremediation. Phytoremediation is a technology that uses plants, here the researcher uses bangkal plants (*Nauclea Subdita Merr.*) which are planted in different locations, namely unflooded land, temporarily inundated, and flooded. The purpose of this study was to test the ability of the pods to adapt and grow on post-mining land. Analyzing the quality of life of Bangkal on post-mining land with non-flooded, temporarily inundated and permanently inundated land conditions. Knowing the effect of soil fertility and inundation factors on the growth of bangkal. Analyzing the content of heavy metals Fe and Mn that accumulate in plant parts (roots, stems and leaves). The results of this study indicate that Bangkal plants are able to survive in temporarily flooded land and are able to absorb heavy metals contained in acid mine drainage.

Keywords: Acid mine drainage; Bangkal; Phytoremediation

ABSTRAK. Air asam tambang (AMT) merupakan dampak hasil dari penambangan khususnya pertambangan batubara, umumnya pertambangan terbuka. Setiap pertambangan terbuka akan menghasilkan void yang diisi oleh air asam tambang (AAT) merupakan air yang terbentuk akibat oksidasi mineral sulfida yang terpajan atau terdedah di udara dengan kehadiran air. Salah satu mineral sulfida yang sangat reaktif dalam proses pembentukan AAT adalah pirit. Hal ini merupakan tantangan tersendiri bagi lingkungan bagaimana menyerap logam berat yang terkandung dalam air. Disini peneliti mencoba menggunakan metode Fitoremediasi. Fitoremediasi adalah suatu teknologi yang menggunakan tanaman, disini peneliti menggunakan tanaman bangkal (*Nauclea Subdita Merr.*) yang ditanam pada lokasi berbeda, yaitu lahan tidak tergenang, tergenang sementara, dan tergenang. Tujuan penelitian ini bertujuan menguji kemampuan bangkal beradaptasi dan tumbuh pada lahan pasca tambang. Menganalisis kualitas hidup bangkal pada lahan pasca tambang dengan kondisi lahan tidak tergenang, tergenang sementara dan tergenang permanen. Mengetahui pengaruh tingkat kesuburan tanah dan faktor genangan pada pertumbuhan bangkal. Menganalisis kandungan logam berat Fe dan Mn yang terakumulasi pada bagian tanaman (akar, batang dan daun). Hasil penelitian ini menunjukan tanaman bangkal mampu bertahan hidup pada lahan tergenang sementara dan mampu menyerap logam berat yang terkandung pada air asam tambang. Hasil pengujian AAT di areal swampy forest dengan tanaman bangkal yang tumbuh hasil analisis laboratorium pH 4.02, fe sebesar 1,38 mg/L yang berarti < 4 mg/ L sesuai Pergub Kalsel No. 36 tahun 2008. Hasil pertumbuhan tanaman tanamn bangkal pada areal yang tergenang sementara standar deviasi 19.63, tidak tergenang 2.69 dan tergenang 22.21. Hasil analisis keragaman menunjukkan hasil bahwa perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman gempol karena nilai F hitung = 0,97 lebih rendah dari F tabel taraf 5% = 3,22 dan F Tabel taraf 1% = 5,15. Hasil analisis keragaman menunjukkan hasil bahwa perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman gempol karena nilai F hitung = 1,06 lebih rendah dari F tabel taraf 5% = 3,22 dan F tabel taraf 1% = 5,15.

Kata Kunci: Air asam tambang, Bangkal, Fitoremediasi

Penulis untuk korespondensi, surel: abdulhadi210001@gmail.com

PENDAHULUAN

Kalimantan Selatan memiliki hutan alam yang cukup luas dan banyak jenis kayu yang belum dimanfaatkan secara optimal, misalnya pohon bangkal (*Nauclea officinalis*). Meskipun demikian untuk data sebaran dan potensi bangkal belum diketahui secara pasti. Daunnya yang muda dimanfaatkan masyarakat untuk obat sakit perut, menurunkan tekanan darah, bagian kulit kayunya digunakan sebagai bahan bedak pemutih wajah.

Air asam tambang (AAT) adalah air yang mengandung sulfat bebas yang terjadi dalam bentuk air lindian (*leachate*), air rembesan (*seepage*), atau air penirisan (*drainage*), yang terpengaruh oleh proses oksidasi mineral-mineral sulfida yang terdapat pada batuan, sebagai akibat kegiatan eksplorasi dan/atau eksploitasi, sehingga mempunyai nilai pH rendah (Dirjenminerba 2013). Salah satu mikroba tanah yang dapat bersimbiosis dengan tanaman adalah fungi mikoriza arbuskula (FMA). FMA dapat membantu pertumbuhan dan toleransi tanaman terhadap genangan dan toksisitas logam berat. (Tuheteru, *et al* 2015).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanaman bangkal, air asam tambang (AAT), sampel tanah di lokasi pascatambang PT.JBG dan sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: bor tanahreng sampel, spedol permanen, pelastik, cangkul, parang, skop tanah, meteran, phi-band, botol plastik, kamera, alat tulis, laptop.

Tabel 1. Parameter Air Asam Tambang

No	Parameter	NAB	Peraturan
1	Keasaman (pH)	6-9	Peraturan gubernur Kalimantan selatan No. 36 tahun 2008
2	Mangan (Mn)	<4 mg/L	
3	Besi (Fe)	<7 mg/L	

Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dari observasi langsung dilapangan yang meliputi: menganalisis kualitas hidup tanaman yang ditanam pada areal yang tergenang, tergenang sementara dan tidak tergenang, pengambilan sampel tanah, sampel air asam tambang, dan sampel tanaman untuk menganalisis kandungan Fe dan Mn pada masing-masing sampel. Adapun data sekunder berupa beberapa dokumen yang berasal dari internal dan eksternal perusahaan, referensi dari perpustakaan maupun situs internet berupa jurnal yang berkaitan dengan masalah yang diteliti. Adapun data sekunder berupa beberapa dokumen yang berasal dari internal dan eksternal perusahaan, referensi dari perpustakaan maupun situs internet berupa jurnal yang berkaitan dengan masalah yang diteliti. Percobaan ini menggunakan analisis Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan, dimana masing-masing perlakuan terdiri dari 15 ulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan di areal *swampy forest* PT. JBG Jorong. *Swampy forest* sebuah hutan rawa dengan kandungan mineral yang sangat tinggi pada permukaan tanahnya. PT. JBG untuk saat ini mengembangkan sistem hutan iperlukan dalam penelitian ini adalah air asam tambang setelah melalui *swampy forest* dan lokasi tersebut ditanami dengan tanaman yang dapat hidup pada lahan dengan pH rendah, diantaranya adalah tanaman Bangkal. Parameter dan hasil pengujian AAT dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 2. Hasil Analisis AAT di *swampy forest* PT.JBG

(Kode Sampel) Tanaman	Fe-larut	Mn-larut	pH (H ₂ O)
Bangkal	----- mg/L ----- 1.38	2.48	4.02

Analisis air asam tambang ini menunjukan bahwa kandungan fe dan mn sudah turun, dimana pH air asam teambang di lokasi penelitian ini sudah mencapai 4.02. Kriteria nilai keasaman pada tabel pembandingan berdasarkan litabang tanah Bogor air pH tersebut masih sangat masam sehingga belum boleh dilepasakn kedaras sungai. Pada lahan ini dilakukan penanaman bangkal yang diharapkan bisa menyerap fe dan mn sehingga bisa meningkatkan pH air Asam tambang. Disini penanaman dilakuakan dilahan *swamp forest* atau hutan rawa buatan PT. Jorong Berutama Grestoun. Konsep ini juga disebut fitoremediasi atau pemanfaatan tanaman rawa yang mampu bertahan dan menyerap logam berat pada areal lahan kritis. Komisi Penelitian Air (Water Research Commission) Afrika Selatan menunjukan bahwa di lahan basah Zaalklapspruit pH dan alkalinitas meningkat ke kisaran air tawar alami dan logam berat dapat diendapkan dari kolom air pada tahun pertama penelitian. Konsentrasi sulfat menurun sebesar 65% dan total padatan terlarut menurun sebesar 50% dibandingkan dengan tingkat prehabilitasi.

Di De Sale, Pensilvania, Amerika, penerapan lahan basah bisa meningkatkan pH dari 3.1 menjadi 6.9, dan menurunkan kandungan Fe, Mn dan Al hingga dibawah 1 mg/l (Denholm 2016). Hutan rawa merupakan hutan yang tumbuh dan berkembang pada kawasan atau wilayah yang selalu tergenang air tawar. Hutan rawa buatan adalah suatu sistem yang dibangun dan dirancang menyerupai hutan rawa alami yang dibangun untuk keperluan pengolahan air yang tercemar. Proses pengolahan air yang tercemar di hutan rawa merupakan proses yang alami yang melibatkan tumbuhan air, sedimen, dan mikroorganisme dengan

bantuan sumber energi dari matahari (Vymazal 2008). Tumbuhan, bahan organik, dan bakteri yang menempel pada substrat sedimen berperan secara fisik, fisika kimia dan biokimia dalam penguraian zat pencemar dan peningkatan pH (Novotny dan Olem 1994). Sistem hutan rawa buatan yang menggunakan komposisi bahan organik merupakan sistem anaerobik yang akan menstimulasi pertumbuhan bakteri pereduksi sulfat dan meningkatkan pH serta mengendapkan logam dalam bentuk sulfida. Keberadaan tumbuhan juga mendukung pertumbuhan mikroba dan dapat menyerap senyawa logam berat (Henny 2009). Beberapa faktor penentu keberhasilan hutan rawa buatan sebagai lahan basah dalam mitigasi AAT adalah penentuan lokasi yang tepat, pemilihan jenis tanaman yang sesuai, desain dan konstruksi lahan basah serta pemeliharaan (Kivaisi 2001; Dhir 2013; Denholm 2016)

Berdasarkan parameter pada Tabel 2 Peraturan Gubernur Kalimantan Selatan No.36 Tahun 2008 bahwa standar pH air adalah pH 6-9. Namun data yang diperoleh dari hasil analisis laboratorium pH 4.02, Fe sebesar 1,38 mg/L yang berarti < 4 mg/L, sedangkan Mn sebesar 2,48 mg/L berada di bawah standar < 7 mg/L. Hal ini berarti kandungan Fe, Mn dan pH berada di bawah standar yang berlaku atau masih belum masuk standar.

Sifat kimia tanah yang dianalisis pada laboratorium meliputi, C-Organik, Kejenuhan Basa, Nitrogen total, Kandungan Phospor (P₂O₅), Kalium (K₂O), pH (H₂O), Susunan Kation (K, Na, Ca, Mg), Aluminium Al, Kapasitas Tukar Kation (KTK). Hasil pengujian pada kimia tanah dapat dilihat dari tabel di bawah ini:

Tabel 3. Hasil Analisis Kimia Tanah di Lokasi Penelitian

No	Parameter	lokasi penelitian Pt. Jorong Brutama Greston								
		Tt Sh	Tt Ks	Tt Mr	Ts Sh	Ts Ks	Ts Mr	Tg Sh	Tg Ks	Tg Mr
1	C-org (%)	1,37 rendah	0,51 sangat rendah	0,52 sangat rendah	0,54 sangat rendah	0,39 sangat rendah	1,17 rendah	0,46 sangat rendah	0,38 sangat rendah	0,62 sangat rendah
2	KB(%)	32,43 rendah	15,28 sangat rendah	13,32 sangat rendah	19,1 sangat rendah	19,50 sangat rendah	31,48 rendah	17,99 sangat rendah	15,47 sangat rendah	9,98 sangat rendah
3	N-total(%)	0,09 sangat rendah	0,06 rendah	0,04 rendah	0,11 sangat rendah	0,04 rendah	0,07 sangat rendah	0,07 rendah	0,03 rendah	0,04 rendah
4	P2O5 (mg/100 g)	19,45 rendah	5,45 sangat rendah	10,72 rendah	8,48 sangat rendah	11,78 rendah	18,18 rendah	6,77 sangat rendah	6,21 sangat rendah	14,34 rendah
5	K2O5 (mg/100 g)	23,95 sedang	11,28 rendah	11,35 rendah	15,76 rendah	30,1 sedang	35,23 sedang	6,94 sangat rendah	7,02 sangat rendah	6,97 sangat rendah
6	pH (H2O)	4,74 masam	4,89 masam	4,69 masam	4,99 masam	5,05 masam	3,81 sangat masam	4,76 masam	4,98 masam	3,41 sangat masam
7	Ca-dd(me100gr-1)	7,43 sedang	2,62 rendah	2,06 rendah	3,41 rendah	2,57 rendah	5,58 sedang	2,32 rendah	2,76 rendah	3,45 rendah
8	Mg-dd(me100gr-1)	0,22 rendah	0,23 rendah	0,23 rendah	0,22 rendah	0,23 rendah	0,23 rendah	0,21 rendah	0,22 rendah	0,24 rendah
9	Na-dd(me100gr-1)	0,18 tinggi	0,18 tinggi	0,12 tinggi	0,3 rendah	0,56 tinggi	0,25 tinggi	0,32 tinggi	0,4 sedang	0,19 tinggi
10	K-dd(me100gr-1)	0,22 tinggi	0,08 sangat rendah	0,13 tinggi	0,15 tinggi	0,52 tinggi	0,17 tinggi	rendah	0,62 tinggi	0,07 rendah
11	KTK (me/100 g)	24,47 sedang	20,37 sedang	20,81 sedang	20,79 sedang	19,68 sedang	19,25 sedang	18,17 sedang	21,23 sedang	19,12 sedang
12	Al-dd(%)	4,2 sangat rendah	5,07 sangat rendah	4,57 sangat rendah	3,54 sangat rendah	3,14 sangat rendah	5,06 sangat rendah	3,23 sangat rendah	2,87 sangat rendah	3,43 sangat rendah

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium Pertanian Lab Tanah Banjarbaru

Fe dan Mn Larut pada Tanah

Tabel 4. Hasil Analisis Fe Larut pada Tanah

	sehat			kurang sehat			merana		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3
tidak tergenang	15,37	19,02	12,46	16,18	11,43	13,80	10,31	8,49	16,26
tegenang sementara	9,84	7,49	12,19	19,34	25,31	20,62	51,75	62,35	37,00
tegenang	8,70	6,75	5,99	20,22	21,23	19,72	21,98	23,12	22,71

Keterangan:

U1 ulangan ke-1, U2 ulangan ke-2, U3 ulangan ke-3

Tabel di atas menunjukan hasil analisis kandungan Fe pada masing-masing kompartemen tempat tumbuh tanaman. Lahan tidak tergenang sehat kadar Fe tertinggi 19,02 ppm. Kadar Fe tertinggi pada tanaman kurang sehat 16,18 ppm. Kadar Fe tertinggi pada tanaman merana 16,26 ppm. Lahan tergenang sementara kadar Fe tertinggi pada tanaman sehat 12,19 ppm. Tanaman kurang sehat kadar Fe tertinggi 25,31 ppm. Sedangkan untuk tanaman

merana kadar Fe tertinggi 62,36 ppm. Lahan tergenang kandungan Fe tertinggi pada tanaman sehat 8,70 ppm, tanaman kurang sehat 21,23 ppm, dan tanaman merana 23,12 ppm, dari tabel ini kita dapat melihat perbedaan antara tanaman sehat, kurang sehat dan merana. Bahwa tanaman yang merana mengandung Fe lebih tinggi, ini menunjukan bahwa kandungan Fe mempengaruhi kesehatan tanaman.

Tabel 5. Perbedaan antara Tanaman Sehat, Kurang Sehat dan Merana

No	Pertumbuhan Tanaman								
	Tidak tergenang			Tergenang Sementara			Tergenang		
	Diameter	Tinggi tanaman	Jumlah daun	Diameter	Tinggi tanaman	Jumlah daun	Diameter	Tinggi tanaman	Jumlah daun
cm	cm	lembar	cm	cm	lembar	cm	cm	lembar	
1	2,2	131	438	1,2	77	78	3,5	170	426
2	2,2	155	234	1,9	95	112	0	0	0
3	2,8	124	274	1,5	94	50	0	0	0
4	3,1	140	348	1,5	83	42	0	0	0
5	0			1,9	72	72	0	0	0
6	1,9	102	254	1,5	68	34	0	0	0
7	0,6	57	16	2,2	81	50	3,5	180	340
8	3,5	106	226	1,5	85	62	2,2	165	124
9	3,5	137	300	1,9	85	108	2,8	164	128
10	2,8	139	166	1,9	98	122	0	0	0
11	2,5	128	178	3,1	110	114	0	0	0
12	1,9	122	260	2,2	95	64	3,5	190	184
13	2,8	122	112	2,2	92	84	3,1	188	260
14	0			2,2	130	108	0	0	0
15	1,9	137	50	2,5	120	66	0	0	0

Proses pertumbuhan biasa disertai dengan terjadinya perubahan bentuk. Pertumbuhan dapat diukur dan dinyatakan secara kuantitatif. (Solikin S., 2013). Pengukuran dilakukan dengan tiga perlakuan, yaitu tergenang, tidak tergenang dan tergenang permanen. Data hasil analisis pengukuran pertumbuhan bangkal pada lahan tidak tergenang dapat dilihat pada tabel 5, Yang mana pertumbuhannya ada yang sehat, tidak sehat, merana dan mati. Dapat dilihat pada tabel 5 bahwa persentase pertumbuhan tanaman bangkal pada lahan pascetambang tidak tergenang. Tanaman bangkal mengalami pertumbuhan yang berbeda-beda dan bahkan ada yang mati jumlah tanaman

bangkal yang sehat ada 8, masing-masing tanaman mengalami pertumbuhan yang berbeda-beda dimana pertumbuhan bangkal nomor 12 mengalami pertumbuhan lebih lambat dibanding tanaman yang sehat lainnya pada lahan tidak tergenang ini. Tanaman bangkal yang kurang sehat pada lahan tidak tergenang terdapat 3 tanaman yang kurang sehat yaitu pada nomor 2, 11 dan 15. Ada 1 tanaman yang merana pada nomor 7 dimana pertumbuhan daun dan keliling tanaman lebih rendah dibandingkan tanaman yang kurang sehat. Tanaman yang mati juga ditemukan pada lahan ini yaitu pada nomor 5 dan 14. Tanaman bangkal yang ditanam pada lahan tergenang sementara menpunyai persentase

hidup 100%, namun tanaman yang sehat hanya 3 tanaman. Sedangkan tanaman yang kurang sehat 12 tanaman. Pertambahan daun sangat berpariasi dibanding dengan keliling tanaman. Pertumbuhan tanaman bangkal pada lahan tergenang lebih cepat tinggi, namun jumlah tanaman yang mati lebih

nanyak mati dibanding tanaman yang hidup. Tanaman yang sehat hanya ada 4 tanaman yang sehat. Tanaman yang kurang sehat ada 2 tanaman dan 9 tanaman lainnya mati.

Analisis Statistik Uji Anova

Tabel 6. Analisis Statistik Uji Anova Daun Bangkal

sumber keragaman	derajat bebas	jumlah kuadrat	kuadrat tengah	f hitung	f tabel	
					5%	1%
perlakuan	2	108598,9	54299,47	4,175503 *	3,22	5,15
eror(galat)	42	546180,3	13004,29			
total	44	654779,2				

Tabel di atas menunjukan hasil analisis keragaman daun pada masing-masing lokasi penanaman yang dilakukan. Data tersebut

terlihat berbeda namun tidak berbeda nyata terhadap jumlah daun tanaman bangkal karena F hitung lebih kecil dari F tabel 1%.

Tabel 7. Analisis Uji Anova Diameter Bangkal

Sumber keragaman	derajat bebas	jumlah kuadrat	kuadrat tengah	f hitung	f tabel	
					5%	1%
perlakuan	2	0,016797842	-0,0084	-14,1786 *	3,22	5,15
eror(galat)	42	0,024879305	0,000592			
total	44	0,008081464				

Tabel di atas menunjukan hasil analisis keragaman dieamiter pada masing-masing lokasi penanaman yang dilakukan. Data di atas terlihat berbeda namun tidak berbeda

nyata terhadap jumlah deameter tanaman bangkal karena F hitung lebih kecil dari F tabel 1%.

Tabel 8. Analisis Uji Anova Tinggi Bangkal

sumber keragaman	derajat bebas	jumlah kuadrat	kuadrat tengah	f hitung	f tabel	
					5%	1%
perlakuan	2	-13,7195622	-6,85978	-9,33654 *	3,22	5,15
eror(galat)	42	30,85840667	0,734724			
total	44	17,13884444				

Tabel di atas menunjukan hasil analisis keragamantinggi pada masing-masing lokasi penanaman yang dilakukan. Data tersebut

terlihat berbed namun tidak berbeda nyata terhadap jumlah tinggi tanaman bangkal karena F hitung lebih kecil dari F tabel 1%.

Tabel 9. Hasil Analisis Mn

	sehat			kurang sehat			merana		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3
tidak tergenang	9,19	12,26	41,28	39,24	10,85	25,04	4,12	10,51	10,67
tegenang sementara	10,32	8,38	12,26	12,57	21,57	15,97	35,41	27,29	17,95
tegenang	11,10	12,10	12,02	20,22	23,44	22,19	25,24	29,88	28,10

Keterangan: U1 ulangan ke-1, U2 ulangan ke-2, U3 ulangan ke-3

Tabel di atas menunjukkan hasil analisis kandungan Mn pada masing-masing kompartemen. Lahan tidak tergenang analisis Mn tertinggi pada tanaman sehat 41,28 ppm. Tanaman kurang sehat analisis Mn tertinggi 39,24 ppm. Tanaman merana analisis kandungan Mn tertinggi 10,67 ppm. Lahan tergenang sementara analisis kandungan Mn tertinggi 12,26 ppm. Tanaman kurang sehat analisis tertinggi Mn 21,57 ppm. Sedangkan analisis kandungan Mn tertinggi tanaman

merana 35,41 ppm. Lahan tergenang analisis kandungan Mn tertinggi pada tanaman sehat 12,10, tanaman kurang sehat 23,44, dan tanaman merana 29,88 ppm. tanaman sehat mn tertingginya ulangan ke – 3 dan kurang sehat ulangan ke -1, rata-rata mn pada lahan tergenang sementara lebih tinggi dibanding dari ulangan lainnya.

Analisis Daya Serap Fe dan Mn pada Masing-Masing Kompartemen

Tabel 10. Analisis Daya Serap Bankal Pada Lokasi Tergenang

Kode	Analisis Tanaman		
	Bagian	Fe	Mn
		----- mg kg ⁻¹ -----	
Tg Sh U1	Akar	9440,06	2171,21
Tg Sh U2	Batang	5427,03	705,51
Tg Sh U3	Daun	5019,34	752,90
Tg Ks U1	Akar	10171,61	2237,75
Tg Ks U2	Batang	9215,44	2948,94
Tg Ks U3	Daun	9217,75	1013,95
Tg Mr U1	Akar	11756,64	2468,89
Tg Mr U2	Batang	12483,00	1872,45
Tg Mr U3	Daun	12475,17	2120,78

Keterangan: Tg = Tergenang, Sh = Sehat, Ks = kurang sehat, Mr = merana, U1 = ulangan ke-1, U2 = ulangan ke-2, U3 = ulangan ke-3

Hasil data di atas menunjukkan daya serap tanaman bangkal bagian batang terbesar

kumpulan serapan Fe pada tanaman dibandingkan batang dan daun.

Tabel 11. Analisis Daya Serap Tanaman Bangkal Terhadap Fe dan Mn Lokasi Lahan Tergenang Sementara.

Kode	Analisis Tanaman		
	Bagian	Fe	Mn
		----- mg kg ⁻¹ -----	
Ts Sh U1	Akar	8891,51	1333,73
Ts Sh U2	Batang	7581,52	909,78
Ts Sh U3	Daun	7419,31	2225,79
Ts Ks U1	Akar	10117,83	1112,96
Ts Ks U2	Batang	9526,43	857,38
Ts Ks U3	Daun	922,72	73,82
Ts Mr U1	Akar	11477,47	2754,59
Ts Mr U2	Batang	12657,46	2404,92
Ts Mr U3	Daun	12755,83	1530,70

Keterangan: Ts = Tergenang sementara, Sh = Sehat, Ks = kurang sehat, Mr = merana, U1 = ulangan ke-1, U2 = ulangan ke-2,

Data di atas menunjukan daya serap tanaman terhadap logam berat pada lokasi lahan tergenang sementara.

Tabel 12. Daya Serap Tanaman Bangkal Lokasi Lahan Tidak Tergenang

Kode	Analisis Tanaman		
	Bagian	Fe	Mn
		----- mg kg ⁻¹ -----	
Tt Sh U1	Akar	2669,49	400,42
Tt Sh U2	Batang	2755,42	606,19
Tt Sh U3	Daun	2817,32	563,46
Tt Ks U1	Akar	3325,81	565,39
Tt Ks U2	Batang	3305,69	727,25
Tt Ks U3	Daun	2750,17	302,52
Tt Mr U1	Akar	9800,69	975,17
Tt Mr U2	Batang	9829,99	1128,23
Tt Mr U3	Daun	9113,22	998,23

Keterangan: Ts = Tergenang sementara, Sh = Sehat, Ks = kurang sehat, Mr = merana, U1 = ulangan ke-1, U2 = ulangan ke-2,

Hasil data di atas menunjukan daya sarap tanaman bangkal lokasi lahan tidak tergenang. Dimana daya serap tertinggi pada bagian batang 9829,99 mg kg⁻¹ dan daya serap daun 1128,23 mg kg⁻¹.

Hasil analisis dari seluruh lokasi pengamatan apabila tanaman merana daya serap terhadap logam berat lebih tinggi. Hal ini membuktikan bahawa logam berat menghambat bagi tumbuhan disekitar lingkunganya

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data disimpulkan bahwa Tanaman dapat tumbuh pada lahan yang mengandung logam berat tinggi, namun pertumbuhan tanaman terhambat. Kualitas tumbuh tanaman tertinggi pada lokasi lahan tergenang sementara dimana perumbuhan tanaman 100%. Tingkat kesuburan tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, logam berat fe dan

Mn rata –rata pada tanaman merata, bagian tanaman yang menyerap tinggi pada batang dan daun.

Saran

Tanaman bangkal ini direkomendasikan sebagai tanaman fitoremediasi, dan Perlu adanya penelitian lanjutan untuk memberi perlakuan tanaman bangkal agar bisa tumbuh dengan baik pada lahan pascatambang. Diharapkan penelitian ini menjadi referensi untuk penelitian yang berkaitan.

DAFTAR PUSTAKA

- Pivetz, E. Bruce, 2001, *Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites*. EPA Ground Water Issue.
- Costello, C. 2003. *Acid Mine Drainage: Innovative Treatment Technologies*. www.clu.in.org. di akses tanggal 05 februari 2020).
- [ESDM] Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara 2013. *Kumpulan Pedoman Teknis Lingkungan Pertambangan. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*. Jakarta (ID). Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara.
- Miller, J.R. 1997. The Role Of Fluvial Geomorphic Processes In The Dispersal Of Heavy metals From Mine Sites. Indianapolis (US): *Journal of Geochemical Exploration* 58 (1997) 101 – 118.
- Pratomo S. 2004. Fitoremediasi Zn (Seng) menggunakan tanaman normal dan transgenik *Solanum nigrum* L [tesis]. Semarang (ID): Universitas Diponegoro.
- Juhaeti T, Syarif F, Hidayati N. 2005. Inventarisasi tumbuhan potensial untuk fitoremediasi lahan dan air terdegradasi penambangan emas. *Jurnal Biodiversitas*. 6(1):31-33.
- Jenning SR, Neuman DR, Blicher PS. 2008. *Acid Mine Drainage and Effect on Fish Health Ecology: A Review*. Bozeman (US): Reclamation Research Group Publication.
- Skousen J.G, Ziemkiewicz P.F. 2000. *Acid Mine Drainage Control and Treatment. Second Edition*. Morgantown: National Research Center for Coal and Energy, West Virginia University.
- Yusmur A. 2018. Identifikasi dan mitigasi air asam tambang melalui hutan rawa buatan di lahan pasca tambang. [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Widyati E. 2006. Bioremediasi tanah bekas tambang batubara dengan sludge industri kertas untuk memacu revegetasi lahan. [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Watzlaf GR, Schroeder KT, Kleinmann RLP, Kairies CL, Nairn RW. 2004. *The Passive Treatment of Coal Mine Drainage*. Washington DC (US): Departement of Energy, Pittsburg.
- Tuheteru FD. 2015. Potensi lonkida (*Nauclea orientalis* L.) untuk fitoremediasi lahan basah air asam tambang. [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup. 2003. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 tentang Syarat Baku Mutu Air Limbah Penambangan Batubara. Jakarta (ID): Jakarta.
- Cynthia, H, Guruh S.A, Evi S. 2010. Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Sistem "Passive Treatment". Dalam: *Prosiding Seminar Nasional Limnologi V* tahun 2010. Bogor 1 Desember 2010.
- Gautama, R.S. 2017. Mine water management in surface mining. [Makalah]. Dalam: Workshop on Mine Reclamation and Mine Water Management: Transformation of degraded land into Productive Landscape. Bogor, 21 – 23