

Pengaruh Penambahan Beberapa Konsentrasi Pupuk NPK dan Air Asam Tambang Pada Proses Fitoremediasi oleh *Eleocharis dulcis* (Burm. F) Trin. Ex. Henschel

FEBI ARISANDY, SRI PERTIWI ESTUNINGSIH, JUSWARDI

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Jalan Raya Palembang-Prabumulih Km. 32 Ogan Ilir, Sumatera Selatan

Intisari: Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan beberapa konsentrasi pupuk NPK dan air asam tambang terhadap proses fitoremediasi menggunakan *Eleocharis dulcis*. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya, dan Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas I Palembang, Sumatera Selatan. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok pola faktorial yang terdiri dari dua faktor yaitu konsentrasi Pupuk NPK (0 mg/L, 500 mg/L, 750 mg/L, dan 1000 mg/L) dan limbah AAT (0%, 25%, dan 50%), tiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Data dianalisis dengan analisis varian (ANOVA), beda rata-rata antar perlakuan dilakukan menggunakan Uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf α 5%. Hasil penelitian menunjukkan *Eleocharis dulcis* pada konsentrasi AAT 50% dengan penambahan pupuk 750 mg/L mampu meningkatkan proses fitoremediasi AAT. *E. dulcis* mampu menurunkan kadar Mn yang baik pada konsentrasi AAT 50% dengan penambahan pupuk NPK 750 mg/L yaitu 2,77 mg/L. Perubahan pH pada konsentrasi AAT 50% dengan penambahan pupuk NPK 750 mg/L yaitu 6,0. Berat kering *Eleocharis dulcis* setelah fitoremediasi pada konsentrasi AAT 50% dengan penambahan pupuk NPK 750 mg/L yaitu 13,58 g.

Kata kunci: air asam tambang, *Eleocharis dulcis*, pupuk NPK, Sulfat (SO_4^{2-}), Mangan (Mn)

Abstract: This research aims to see the effect of adding some concentration of NPK fertilizer and acid mine drainage can improve phytoremediation process using *Eleocharis dulcis*. This research was conducted in Plant Physiology Laboratory of Biology Department of FMIPA Sriwijaya University, and Laboratory of Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas I Palembang, South Sumatera. The design used in this research was a Randomized Block Design of a factorial pattern consisting of two factors: NPK fertilizer concentration (0 mg / L, 500 mg / L, 750 mg / L, and 1000 mg / L) and AMD waste (0% 25%, and 50%), each treatment combination was repeated 3 times. Data were analyzed by analysis of variance (ANOVA), mean difference between treatments was done using Duncan Multiple Range Test (DMRT) test at α 5% level. The results showed *Eleocharis dulcis* at AMD concentration of 50% with addition of fertilizer 750 mg / L able to improve process of phytoremediation of AMD. *E. dulcis* was able to reduce good Mn concentration at AMD concentration 50% with addition of NPK fertilizer 750 mg / L that is 2.77 mg / L. Change of pH at concentration AMD 50% with addition of NPK fertilizer 750 mg / L that is 6.0. Dry weight of *Eleocharis dulcis* after phytoremediation at AMD concentration 50% with addition of NPK fertilizer 750 mg / L ie 13.58 g.

Keywords: acid mine drainage, *Eleocharis dulcis*, NPK Fertilizer, Sulphate (SO_4^{2-}), Mangan (Mn)

Email: febiarisandy@gmail.com

1 PENDAHULUAN

Sistem penambangan batubara di Indonesia merupakan penambangan terbuka. Subowo (2011), penambangan dengan sistem tambang terbuka dilakukan dengan cara pengupasan tanah penutup bahan tambang. Widyati (2009), melaporkan bahwa dampak penambangan terbuka yang paling serius adalah adanya fenomena air asam tambang.

Air asam tambang memiliki pH yang asam, Asip *et al.* (2015), menyatakan bahwa karakteristik khas dari air asam tambang batubara yaitu pH rendah

sekitar 2 sampai 4. Menurut Widuri (2013), senyawa asam sulfat (H_2SO_4) yang menyebabkan pH menjadi asam. Agus *et al.* (2014), menyatakan bahwa tanah pada lapisan bawah biasanya mengandung sulfur, yang terekspos ke permukaan akan bereaksi dengan air (H_2O) dan Oksigen (O_2), sehingga akan membentuk air asam.

Air asam tambang menyebabkan penurunan kualitas perairan yang berdampak langsung terhadap kelangsungan hidup biota perairan didalamnya. Asip *et al.* (2015), menyatakan air asam tambang

menyebabkan terjadinya perubahan kualitas air secara fisik ataupun kimiawi.

Metode dalam mengatasi pencemaran akibat air asam tambang yaitu fitoremediasi. Menurut Ariyani *et al.* (2014), fitoremediasi merupakan teknologi yang menggunakan tanaman untuk memperbaiki sebagian atau substansi kontaminan tertentu dalam tanah, endapan, kotoran atau lumpur, air tanah, air permukaan, dan air sampah.

Tumbuhan yang memiliki potensi sebagai agen fitoremediasi misalnya *Eleocharis dulcis* (Burm. f.) Trin. ex Henschel. Sulthoni *et al.* (2014), melaporkan *Eleocharis dulcis* mampu bertahan pada kondisi pH air dan tanah yang ekstrem. Selain kemampuannya dalam mereduksi logam Fe dan Mn, *E. dulcis* juga bersifat fitoekstraksi.

Faktor yang meningkatkan proses fitoremediasi antaranya jenis tanaman yang bersifat hiperakumulator dan konsentrasi pemberian unsur hara. Pemberian unsur hara terhadap *E. dulcis* dapat meningkatkan pertumbuhan dalam proses fitoremediasi. Unsur hara yang digunakan berupa pupuk NPK sebagai alternatif media tanam dengan air asam tambang. Menurut Hayati (2010), pemberian pupuk anorganik bertujuan untuk menjaga ketersediaan nutrisi tanaman agar tetap seimbang selama proses pertumbuhan dan mempercepat pergerakan ion logam berat (Pb) dari tanah ke jaringan akar, sebelum sampai ke jaringan daun.

2 BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2017 sampai Januari 2018 disekitar Jurusan Biologi, Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya. Dengan lokasi pengambilan sampel air asam tambang di wilayah PIT 1 Tambang Air Laya PT. Bukit Asam Tanjung Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Pengukuran logam berat pada air asam tambang dilakukan di Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas I Palembang, Sumatera Selatan.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah aluminium foil, batang pengaduk, botol sampel, gelas ukur, jirigen 35 L, kamera digital, kertas label, oven, pH meter digital, media tumbuh berupa ember bekas cat ukuran 22 L, spektrofotometer serapan atom (SSA), dan timbangan analitik. Bahan yang dibutuhkan adalah air asam tambang batubara (0 %, 25%, 50%), air sumur, pupuk NPK (0 mg/L, 500 mg/L, 750 mg/L, 1000 mg/L), aquades, dan *E. dulcis*.

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok pola faktorial yang terdiri dari dua faktor yaitu konsentrasi limbah (0%, 25%, dan 50%) dan Pupuk NPK (0 mg/L, 500 mg/L, 750 mg/L, dan 1000 mg/L), tiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga dihasilkan 36 unit percobaan.

Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air asam batubara dilakukan bulan November 2017 di kolam penampung, di wilayah PIT 1 Tambang Air Laya PT. Bukit Asam Tanjung Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Sebelumnya, diukur pH lapangan dan suhu air.

Persiapan dan Aklimatisasi *Eleocharis dulcis*

E. dulcis diambil dari rawa dengan kondisi lingkungan yang berlumpur. Kemudian di aklimatisasi dengan media 95% Air Segar dan ditambahkan 5% AAT selama 7 hari. Tumbuhan yang diaklimatisasi juga ditambahkan tanah sebanyak 1 kg atau lebih di setiap bioreaktor. Tanah ini berfungsi sebagai penyokong *E. dulcis*.

Persiapan Media Tumbuh (Bioreaktor)

Media tumbuh berupa baskom disiapkan sebanyak 36 buah. Lalu diisi masing-masing 10 liter air yang merupakan campuran antara air sumur dan AAT sesuai dengan perlakuan (0%, 25% dan 50%). Kemudian ditambahkan pupuk NPK sesuai dengan perlakuan (0 mg/L, 500 mg/L, 750 mg/L, 1000 mg/L) pada masing-masing bioreaktor lalu dihomogenkan dengan cara diaduk.

Penanaman dan Pemeliharaan *Eleocharis dulcis*

E. dulcis yang telah diaklimatisasi, dipilih yang memiliki kriteria daun berwarna hijau, organ tumbuh lengkap, sehat dan dalam fase vegetatif dengan berat segar masing-masing 100 gram untuk satu bioreaktor (Estuningsih *et al.*, 2013). Selanjutnya, ditanam pada masing-masing bioreaktor dengan penambahan tanah kebun 1 kg. Kemudian bioreaktor dihomogenkan setiap hari dengan cara diaduk selama 30 hari.

Variabel Pengamatan

Kadar Sulfat (SO_4^{2-}) pada Air Asam Tambang (AAT)

Pengukuran kadar sulfat dilakukan sebelum dan sesudah penelitian. Pada pengukuran sulfat awal dan akhir, diambil sampel air asam tambang yang beras-

al dari bioreaktor diambil masing-masing 10 mL. Sampel air di uji di Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas I Palembang dengan mengacu pada SNI 6989.20 tahun 2009 tentang cara uji Sulfat dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala. Dipilih program spektrofotometer, kemudian ditekan kursor 680 mg/L. Sampel air sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam kuvet. *Sulfatver* 4 reagent dimasukkan untuk 10 mL sampel dan diaduk sampai rata (homogen) dengan spatula hingga tidak terdapat endapan. Ditunggu hingga 5 menit. Lalu kadar sulfat di ukur dengan spektrofotometer. Dilihat berapa kadar sulfat yang terkandung pada sampel (mg/L) pada layar spektrofotometer.

Penurunan kadar Sulfat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$K. \text{ awal sulfat} - K. \text{ akhir sulfat}$$

Kadar Mangan (Mn) pada Air Asam Tambang (AAT)

Pengukuran kadar Mangan (Mn) dilakukan sebelum penelitian dan akhir penelitian sesuai dengan kombinasi perlakuan. Diambil masing-masing air sampel yang berasal dari tiap-tiap bioreaktor sebanyak 40 mL. Sampel di uji di Laboratorium Lab. Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas I Palembang dengan mengacu pada SNI 6989.5: 2009 tentang cara uji Mangan (Mn) secara spektrofotometri serapan atom (SSA)-nyala.

Untuk mengetahui penurunan Mn oleh tanaman, sebagai berikut:

$$K. \text{ awal logam} - K. \text{ akhir logam}$$

Tingkat Keasaman (pH) pada Air Asam Tambang (AAT)

Pengukuran pH dilakukan pada awal penelitian dan pada hari ke 30 dengan menggunakan pH meter dengan cara memasukkan pH meter ke dalam media tumbuh kemudian dilihat hasil pengukuran pH-nya.

Perubahan Fisik Eleocharis dulcis

Pengamatan karakteristik fisik *Eleocharis dulcis* dilakukan sesuai dengan perlakuan pada masing-masing konsentrasi, bagian-bagian yang diamati adalah perubahan warna daun dan morfologi akar.

Analisis Data

Data kuantitatif berupa persentase penurun air asam tambang, perubahan pH, berat kering *Eleocharis dulcis* dianalisa dengan analisis IBM SPSS Statistics 24, beda rata-rata antar perlakuan dilakukan menggunakan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT)

pada taraf α 5 %. Sedangkan data kualitatif berupa perubahan warna daun, dan morfologi akar *Eleocharis dulcis* yang disajikan dalam bentuk gambar atau foto serta dianalisis secara deskriptif.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Sulfat (SO₄²⁻) pada Air Asam Tambang (AAT)

Kemampuan *E. dulcis* selama proses fitoremediasi 30 hari, pada perlakuan interaksi beberapa konsentrasi AAT dengan Pupuk NPK didapatkan hasil berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar sulfat. Penurunan kadar sulfat (SO₄²⁻) pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Kadar sulfat setelah fitoremediasi oleh *Eleocharis dulcis* pada interaksi beberapa konsentrasi AAT dengan pupuk NPK (mg/L)

Pupuk NPK (mg/L)	AAT (%)	Kadar Sulfat (mg/L)		Rata-rata Penurunan Sulfat (mg/L)
		Awal	Akhir	
0	0	831	742	89,00 ^g
	25	899	815	84,00 ^e
	50	914	829	85,00 ^f
500	0	851	751,88	99,12 ^h
	25	913	641,96	271,04 ^k
	50	930	862,08	67,92 ^d
750	0	850	764,44	85,56 ^f
	25	912	849,24	62,76 ^c
	50	929	892,8	36,20 ^a
1000	0	848	708,8	139,20 ^j
	25	912	864,16	47,84 ^b
	50	928	826,88	101,12 ⁱ

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada tiap kolom menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji lanjut DMRT α 5%.

Tabel 1 menunjukkan bahwa penurunan sulfat yang banyak terdapat pada perlakuan AAT 25% dengan penambahan pupuk NPK 500 mg/L yaitu 271,04 mg/L. Hal ini diduga, dengan penambahan pupuk NPK 500 mg/L pada konsentrasi AAT 25% merupakan suatu interaksi yang sesuai oleh *E. dulcis* untuk menyerap sulfat dalam jumlah yang besar. Dimana, sulfat yang diserap oleh *E. dulcis* dimanfaatkan sebagai nutrisi tambahan bagi pertumbuhan *E. dulcis*. Tanaman menyerap sulfur dalam bentuk ion sulfat. Menurut Salisbury dan Ross (1995), bahwa sulfur diserap dari tanah dalam bentuk anion sulfat valensi dua (SO₄²⁻). Sulfur dimetabolismekan oleh akar sebanyak yang diperlukan saja, dan sebagian besar sulfat ditranslokasikan tanpa perubahan ke tajuk melalui xilem, serta diserap oleh akar untuk memenuhi kebutuhan sulfur bagi pertumbuhan tanaman. Ditambahkan oleh Lakitan (2001), sebagian besar sulfur dalam tumbuhan terdapat sebagai pe-

nyusun asam amino sistein dan methionin. Senyawa lain yang mengandung sulfur adalah vitamin thiamin dan biotin. Sulfur juga terkandung dalam koenzim A, yakni suatu senyawa esensial untuk respirasi dan sintesis serta penguraian asam-asam lemak.

Kadar Mangan (Mn) pada Air Asam Tambang (AAT)

Kemampuan *E. dulcis* selama proses fitoremediasi 30 hari, pada perlakuan interaksi beberapa konsentrasi AAT dengan Pupuk NPK didapatkan hasil berpengaruh nyata terhadap penurunan kadar Mn (Lampiran 1.2. Analisis Varian). Penurunan kadar Mn pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar Mn setelah fitoremediasi oleh *Eleocharis dulcis* pada interaksi beberapa konsentrasi AAT dengan pupuk NPK (mg/L)

Pupuk NPK (mg/L)	AAT (%)	Kadar Mn (mg/L)		Rata-rata Penurunan Mn (mg/L)
		Awal	Akhir	
0	0	0,13	0,01	0,12 c
	25	5,27	3,55	1,74 d
	50	8,26	5,57	2,69 h
500	0	0,10	0,06	0,04 a
	25	5,04	3,27	1,77 e
	50	8,03	5,29	2,74 i
750	0	0,10	0,02	0,08 b
	25	4,93	3,06	1,87 f
	50	7,99	5,22	2,77 j
1000	0	0,09	0,04	0,05 a
	25	4,84	2,98	1,86 f
	50	7,83	5,18	2,65 g

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada tiap kolom menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji lanjut DMRT α 5%

Berdasarkan Tabel 2 terlihat penurunan Mn tertinggi terdapat pada perlakuan AAT 50% dengan penambahan pupuk NPK 750 mg/L yaitu 2,77 mg/L. Penurunan terjadi dikarenakan, *E. dulcis* termasuk tumbuhan hiperakumulator yang termasuk kedalam fitoekstraksi. Penelitian Sulthoni *et al.* (2014), melaporkan dalam penurunan logam Mn, *E. dulcis* memiliki nilai faktor biokonsentrasi atau FBK > 1 yaitu 57,5 dan faktor translokasi atau FT > 1 yaitu 2 yang mengindikasikan bahwa proses yang dilakukan *E. dulcis* dalam meremediasi logam adalah fitoekstraksi.

Penurunan Mn terendah setelah fitoremediasi oleh *E. dulcis* pada perlakuan AAT 0% dengan penambahan pupuk NPK 500 mg/L yaitu 0,04 mg/L. Penurunan Mn yang rendah diduga karena pada bioreaktor tidak terdapat tambahan AAT yang membuat Mn tersebut rendah. Sehingga, yang terjadi yaitu tidak mengalami penurunan yang tinggi. Serta, air sumur yang digunakan untuk perlakuan pada bioreaktor memiliki kandungan Mn yang sedikit, dibandingkan dengan Mn pada AAT. Menurut

Hartini (2012), bahwa Mn didalam sumur biasanya terdapat dalam bentuk garam $MnCl_2$, $MnSO_4$ dan $Mn(NO_3)_2$ yang mempunyai kelarutan besar didalam air. Konsentrasi Mn didalam sistem air alami umumnya kurang dari 0,1 mg/L.

Tingkat Kemasaman (pH) pada Air Asam Tambang (AAT)

Pengukuran perubahan pH oleh *Eleocharis dulcis* menunjukkan hasil bahwa perlakuan interaksi beberapa konsentrasi AAT dengan Pupuk NPK berpengaruh nyata (Lampiran 1.3. Analisis Varian). Perubahan pH oleh *Eleocharis dulcis* dengan perlakuan interaksi beberapa konsentrasi AAT dengan Pupuk NPK pada masing-masing perlakuan disajikan pada (Tabel 3).

Tabel 3. Tingkat keasaman (pH) setelah fitoremediasi oleh *Eleocharis dulcis* pada interaksi beberapa konsentrasi AAT dengan pupuk NPK (mg/L)

Pupuk NPK (mg/L)	AAT (%)	pH	
		Awal	Akhir
0	0	3,60	6,47 ^d
	25	3,40	6,39 ^{cd}
	50	3,15	6,28 ^{bcd}
500	0	3,64	6,09 ^{bc}
	25	3,48	6,34 ^{bcd}
	50	3,17	6,16 ^{bcd}
750	0	3,68	6,38 ^{cd}
	25	3,64	6,00 ^b
	50	3,19	6,00 ^b
1000	0	3,71	6,17 ^{bcd}
	25	3,65	4,63 ^a
	50	3,25	6,33 ^{bcd}

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada tiap kolom menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji lanjut DMRT α 5%

Pada tabel 3. didapatkan pH setelah fitoremediasi bahwa perlakuan AAT 0% dengan pupuk NPK 0 mg/L yaitu 6,47. Hal ini disebabkan tidak adanya AAT melainkan penggunaan air sumur pada bioreaktor, sehingga menyebabkan sulfat dan Mn terlarut sedikit, yang akan berpengaruh pada kenaikan pH. Menurut Nurhidayah *et al.* (2014), bahwa semakin kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam, akan mengakibatkan kenaikan pH pada badan perairan.

Konsentrasi AAT 25% dengan tanpa pupuk NPK didapatkan pH yaitu 6,39. Sedangkan, AAT 50% dengan tanpa penambahan pupuk NPK yaitu 6,28. Konsentrasi AAT 25% dan 50% memiliki logam terlarut yang lebih banyak daripada AAT 0%. Namun, pada konsentrasi 25% dan 50%, diduga *E. dulcis* mampu mengakumulasi logam terlarut yang terdapat di bioreaktor, sehingga pH mengalami kenaikan.

Sesuai dengan hasil penelitian Susilawati dan In-drayati (2016), didapatkan bahwa *E. dulcis* mampu meningkatkan pH air sebesar 0,14-0,25 unit dan *E. dulcis* mampu mengakumulasi logam yang mengakibatkan pH pada bioreaktor mengalami peningkatan.

Kenaikan pH akhir terendah pada perlakuan AAT 25% dengan penambahan pupuk NPK 1000 mg/L yaitu 4,63. Hal ini diduga, adanya kaitan dengan penurunan rata-rata kadar sulfat pada perlakuan yang sama yaitu 47,84 mg/L. Sehingga, kadar Sulfat akhir yang masih tinggi menyebabkan kenaikan pH akhir rendah. Hal ini selaras dengan pendapat Widyati (2011), bahwa Sulfat merupakan asam kuat sehingga penambahan senyawa ini ke dalam lingkungan akan mempengaruhi tingkat kemasaman (pH). Jika, semakin sedikit sulfat direduksi maka pH akan rendah.

Perubahan Fisik Daun Eleocharis dulcis

Fitoremediasi *E. dulcis* pada interaksi beberapa konsentrasi AAT dengan pupuk NPK yang berbeda di masing-masing perlakuan, yaitu mengalami beberapa gejala perubahan pada daun *E. dulcis*. Hal ini dikarenakan, *E. dulcis* mengalami kekurangan unsur hara yang ditunjukkan pada perubahan warna daun yang tidak selalu sama, seperti klorosis dan nekrosis (Gambar 4.1). Berdasarkan pendapat dari Salisbury dan Ross (1995), bahwa tumbuhan menanggapi atau memberi respons terhadap kurangnya pasokan unsur esensial yang berguna bagi tumbuhan dengan menunjukkan gejala kekahatan yang khas. Gejala-gejala yang terlihat yaitu meliputi terhambatnya pertumbuhan akar, batang, atau daun, serta klorosis atau nekrosis pada berbagai organ tumbuhan.

Perubahan Fisik Akar Eleocharis dulcis

Eleocharis dulcis memiliki sistem perakaran serabut, sehingga memungkinkan untuk memiliki kemampuan menyerap unsur hara maupun logam yang terkandung pada bioreaktor lebih banyak dan lebih efektif. Menurut Tjitrosoepomo (2015), akar serabut memiliki banyak rambut akar dengan ukuran yang kurang lebih sama besar dan keluar dari pangkal akar menyebar ke samping dan ke segala arah. Akar serabut membentuk cabang dengan ukuran percabangan yang tidak terlalu berbeda.

Berdasarkan morfologi akar dapat dilihat bahwa perlakuan tanpa penambahan pupuk NPK tidak memiliki akar yang cukup banyak dan akar lebih pendek dibanding perlakuan dengan ada penambahan pupuk. Sedangkan, pemberian pupuk NPK konsentrasi 500 mg/L, 750 mg/L dan 1000 mg/L menggunakan *E. dulcis* menunjukkan perubahan akar tumbuh lebih banyak dan panjang. Hal ini dikarena-

kan *E. dulcis* memiliki kecukupan unsur hara yaitu berupa N, P, K sehingga pertumbuhannya lebih baik dibandingkan tanpa penambahan AAT dan pupuk NPK (kontrol).

Berat Kering Eleocharis dulcis

Pengukuran berat kering *E. dulcis* didapatkan hasil bahwa penambahan pupuk NPK pada beberapa konsentrasi AAT berpengaruh tidak nyata terhadap berat kering akhir *E. dulcis*. Hal ini diduga, *E. dulcis* toleran terhadap AAT yang mengandung logam dalam jumlah banyak serta penambahan pupuk NPK yang tepat akan mempengaruhi pertumbuhan *E. dulcis* yang baik. Sehingga, pertumbuhan yang baik akan meningkatkan bobot berat kering pada *E. dulcis*.

Tabel 4. Berat kering *Eleocharis dulcis* setelah fitoremediasi pada beberapa konsentrasi AAT dengan pupuk NPK (mg/L)

Pupuk NPK (mg/L)	AAT (%)	Rata-rata Berat Kering (g)
0	0	9,43 ± 0,14
	25	9,44 ± 0,44
	50	13,15 ± 2,70
500	0	9,36 ± 2,78
	25	11,27 ± 2,24
	50	12,52 ± 2,28
750	0	11,73 ± 2,02
	25	10,27 ± 0,27
	50	13,58 ± 3,09
1000	0	10,80 ± 4,58
	25	9,93 ± 2,67
	50	11,47 ± 1,44

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji lanjut DMRT α 5%.

Rata-rata berat kering *E. dulcis* setelah fitoremediasi pada perlakuan AAT 50% dengan penambahan pupuk NPK 750 mg/L adalah 13,58 g, lebih berat dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini diduga, disebabkan *E. dulcis* dapat memanfaatkan unsur hara mikro seperti Mn yang ada pada AAT sebagai nutrisi, disamping penambahan pupuk NPK. Sesuai dengan pendapat Sudarmi (2013), bahwa untuk menjaga pertumbuhan tanaman secara normal, maka dalam budidaya tanaman selain ditamhkannya unsur hara makro (pupuk N, P, K) juga perlu ditambahkan unsur hara mikro. Dimana, unsur Mn berperan dalam pembentukan klorofil, membantu proses fotosintesis. Sehingga, ketersediaannya unsur Mn menyebabkan pertumbuhan tanaman normal dan pertambahan bobot kering tanaman tinggi.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang pengaruh penambahan beberapa konsentrasi pupuk NPK dan air asam tambang pada proses fitoremediasi oleh *Eleocharis dulcis* (Burm. F) Trin. ex Henschel, bahwa didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses fitoremediasi oleh *Eleocharis dulcis* yang baik pada penambahan pupuk NPK 750 mg/L dengan konsentrasi AAT 50%.
2. Penurunan kadar Mn tertinggi pada penambahan pupuk NPK 750 mg/L dengan konsentrasi AAT 50% yaitu 2,77 mg/L.
3. Perubahan pH yang baik pada penambahan pupuk NPK 750 mg/L dengan konsentrasi AAT 50% yaitu 6,0.
4. Berat kering *Eleocharis dulcis* tertinggi pada penambahan pupuk NPK 750 mg/L dengan konsentrasi AAT 50% yaitu 13,58 g.

REFERENSI

- [1] Agus, C., Pradipa, E., Wulandari, D., Supriyo, H., Sari-di dan Heriko, D. 2014. Peran Revegetasi Terhadap Restorasi Tanah Pada Lahan Rehabilitasi Tambang Batubara Di Daerah Tropika. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 21 (1): 60-66.
- [2] Ariyani, D., Syam, R., Utami, U.B.L dan Nirtha, R.I. 2014. Kajian Absorpsi Logam Fe Dan Mn Oleh Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) pada Air Asam Tambang Secara Fitoremediasi. *Sains dan Terapan Kimia*. 8 (2): 87-93.
- [3] Asip, F., Chintyani, N dan Afria, S. 2015. Pengaruh Adsorben Diatomaceous Earth Terhadap Penurunan Kadar Besi Dan Ion Sulfat Dari Air Asam Tambang. *Jurnal Teknik Kimia*. 4 (21): 1-18.
- [4] Estuningsih, S.P., Juswardi., Yudono, B dan Yulianti, R. 2013. Potensi Tanaman Rumput Sebagai Agen Fitoremediasi Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Bumi. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung, 2013*. Universitas Lampung: Lampung.
- [5] Hartini, E. 2012. Cascade Aerator dan Bubble Aerator dalam Menurunkan Kadar Mangan Air Sumur Gali. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 8 (1): 42-50.
- [6] Hayati, E. 2010. Pengaruh Pupuk Organik Dan Anorganik Terhadap Kandungan Logam Berat Dalam Tanah Dan Jaringan Tanaman Selada. *Jurnal Floratek*. 5: 113-123.
- [7] Lakitan, B. 2001. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. PT. RajaGrafindo Persada: Jakarta.
- [8] Nurhidayah., Sofarini, D., dan Yunandar. 2014. Fitoremediasi Tumbuhan Air Kiambang (*Salvinia molesta*) Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) dan Perupuk (*Phragmites karka*) Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Karet. *Environmental Science*. 10: 18-26.
- [9] Salisbury, F.B dan Ross, C.W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Jilid 1. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- [10] Subowo, G. 2011. Penambangan Sistem Terbuka Ramah Lingkungan Dan Upaya Reklamasi Pasca Tambang Untuk Memperbaiki Kualitas Sumberdaya Lahan Dan Hayati Tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 5 (2): 83-94.
- [11] Sudarmi. 2013. Pentingnya Unsur Hara Mikro Bagi Pertumbuhan Tanaman. *WIDYATAMA*. 2 (22): 178-183.
- [12] Sulthoni, M.A.D.N., Badruzsaufari., Yusran, F.H dan Pujawati, E.D. 2014. Kemampuan Tanaman Ekor Kucing (*Typha Latifolia*) Dan Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*) Dalam Penurunan Konsentrasi Fe Dan Mn Dari Air Limbah Pit Barat Pt Pamapersada Nusantara Distrik Kcmb Kabupaten Banjar. *EnviroScience*. 10: 80-87.
- [13] Susilawati, A dan Indrayati, L. 2016. Teknologi Penurunan Kadar Fe Air Sawah Pasang Surut Melalui Penggunaan Biofilter Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*). *Berita Biologi*. 15 (1): 1-6.
- [14] Widuri, S.A. 2013. Reklamasi Hutan Bekas Tambang Batubara: Mengenal Air Asam Tambang (Acid Mine Drainage). *Majalah Suara Konservasi Suara Samboja*. 2 (2): 13-16.
- [15] Widyati, E. 2009. Kajian Fitoremediasi Sebagai Salah Satu Upaya Menurunkan Akumulasi Logam Akibat Air Asam Tambang Pada Lahan Bekas Tambang Batubara. *Tekno Hutan Tanaman*. 2 (2): 67-75.
- [16] Widyati, E. 2011. Formulasi Inokulum Bakteri Pereduksi Sulfate yang Diisolasi dari Sludge Industri Kertas Untuk Mengatasi Air Asam Tambang. *Tekno Hutan Tanaman*. 4 (3): 119-125.