

## RESPONS PERTUMBUHAN *Neptunia oleracea* Lour. PADA FITOREMEDIASI AIR ASAM TAMBANG BATUBARA

Rika Aulina N<sup>1</sup>, Nina Tanzerina<sup>1</sup>, Sri Pertiwi Estuningsih<sup>1</sup>, Singgih Tri Wardana<sup>1</sup>, Juswardi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya. Jalan Raya Palembang-Prabumulih km 32, Indralaya, Indonesia.

\*Corresponding author

E-mail address: [juswardi@yahoo.co.id](mailto:juswardi@yahoo.co.id)

Peer review di bawah tanggung jawab Departemen Biologi Universitas Sriwijaya

### Abstract (English):

Acid mine drainage (AMD) is a problem as environmental pollution from open pit mining. Acid mine water treatment that is environmentally friendly, among others, through phytoremediation. Phytoremediation using water mimosa (*Neptunia oleracea* Lour.) has been studied with the aim of responding to the growth of *N. oleracea* in coal AMD phytoremediation which was further developed as a model for AMD processing in constructed wetlands. The results showed that *N. oleracea* was still able to grow in phytoremediation at 100% AAT concentration, pH 2.69 with a relative growth rate (LPR) of 0.0091 g/day with has the potential to increase pH by 0.0322/day. The response to *N. oleracea* growth in coal AMD phytoremediation requires further research on anatomical and physiological responses before being released as vegetation in constructed wetlands.

Keywords: growth response, phytoremediation, acid mine drainage, coal, *Neptunia oleracea* Lour.

### Abstrak (Indonesia)

Air asam tambang (AAT) menjadi masalah sebagai pencemaran lingkungan dari penambangan cara tambang terbuka. Pengolahan air asam tambang yang ramah lingkungan diantaranya melalui fitoremediasi. Fitoremediasi menggunakan petai air (*Neptunia oleracea* Lour.) telah diteliti dengan tujuan mempelajari respons pertumbuhan *N. oleracea* pada fitoremediasi AAT batubara yang selanjutnya dikembangkan sebagai model in situ pengolahan AAT pada lahan basah buatan (constructed wetlands). Hasil penelitian menunjukkan *N. oleracea* masih mampu tumbuh pada fitoremediasi AAT konsentrasi 100%, pH 2,69 dengan laju pertumbuhan relatif (LPR) 0,0091 g/hari, dengan potensi meningkatkan pH 0,0322/hari. Respons pertumbuhan *N. oleracea* pada fitoremediasi AAT batubara perlu diteliti tentang respons anatomi dan fisiologi sebelum diujikan sebagai vegetasi pada lahan basah buatan.

Kata kunci: respons pertumbuhan, fitoremediasi, air asam tambang, batu bara, *Neptunia oleracea* Lour.

Diterima: 21 Desember 2020, Disetujui: 03 Mei 2021

### 1. Pendahuluan

Penambangan batubara yang dilakukan dengan sistem tambang terbuka (open pit) dapat menimbulkan dampak salah satunya air asam tambang (AAT). AAT merupakan air dengan pH yang rendah dan kelarutan logam yang cenderung meningkat karena reaksi mineral sulfida, oksigen dan air [1]. Sehingga sebelum dibuang ke perairan umum upaya

mengendalikan bahan pencemar dari limbah AAT untuk perlu pengolahan.

Pengelolaan AAT secara biologi dapat dilakukan dengan fitoremediasi. Tumbuhan yang dapat digunakan dalam fitoremediasi AAT diantaranya tumbuhan air [2]. Tumbuhan dapat memperbaiki kualitas air adalah tumbuhan yang memiliki kemampuan adaptasi dan mampu menyerap logam berat di

air [3]. Sejumlah tumbuhan dari famili Leguminoceae terbukti memiliki sifat hipertoleran, yakni mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, sehingga bersifat hiperakumulator [4].

Proses penyerapan logam oleh akar pada tumbuhan hiperakumulator lebih cepat dibandingkan tumbuhan normal, terbukti dengan adanya konsentrasi logam yang tinggi pada akar. Akar tumbuhan hiperakumulator memiliki daya selektifitas yang tinggi terhadap unsur logam tertentu [5]. *N. oleracea* berpotensi sebagai penyerap logam berat memiliki toleransi terhadap lingkungan dengan kondisi pH rendah dan lingkungan yang tercekam [6]. Sistem translokasi unsur dari akar ke tajuk pada tumbuhan hiperakumulator lebih efisien dibandingkan tanaman normal. Hal ini dibuktikan oleh rasio konsentrasi logam tajuk akar pada tumbuhan hiperakumulator (TF) lebih dari satu [7].

*Neptunia oleracea* dapat memfiksasi nitrogen yang dilakukan dengan cara bersimbiosis dengan rhizobia yang terdapat pada bintil akarnya. Pada simbiotik tumbuhan ini akan mengeluarkan eksudat dari akar yang membantu pertumbuhan bakteri disekitar rhizofe [8]. Penelitian fitoremediasi amoniak didapatkan pertumbuhan *N. oleracea* yang terbaik pada kadar amoniak 20 ppm yaitu penambahan berat segar sebesar 41,55 g selama 30 hari fitoremediasi dan kecepatan pertumbuhan 1,39 g per hari [9]. *N. oleracea* sebagai tumbuhan air berpotensi sebagai agen fitoremediasi limbah cair AAT [6]. Sehingga perlu dilakukan penelitian dengan tujuan mengevaluasi respons pertumbuhan *N. oleracea* pada fitoremediasi AAT batubara.

## 2. METODE PENELITIAN

**Penelitian dilaksanakan** di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya Inderalaya. Pengambilan sampel air asam tambang dilakukan di Tambang Air Laya, PT. Bukit Asam, Tanjung Enim, Sumatera Selatan.

**Alat dan Bahan.** Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioreaktor (d x t; 49 x 24cm), pH meter, dan timbangan. Bahan yang diperlukan yaitu akuades, limbah air asam tambang batubara, dan *Neptunia oleracea* Lour. fase vegetatif.

**Rancangan Penelitian,** Rancangan percobaan yang digunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan tanpa AAT (0% sebagai kontrol), AAT 25%, 50%, 75% dan 100%) dan dilakukan 5 kali pengulangan.

### Cara Kerja

- **Aklimatisasi *Neptunia oleracea* Lour.** *Neptunia oleracea* diaklimatisasi selama 7 hari dengan mengadaptasikan tumbuhan pada media yaitu 95% air destilasi ditambah 5% AAT sehingga menjadi 10 liter.

- **Perlakuan pada *Neptunia oleracea* Lour.** Campuran limbah air asam tambang dan akuades sesuai perlakuan yaitu 0% sebagai kontrol, 25%, 50%, 75% dan 100%, dengan banyaknya volume total sebanyak 10 liter. *Neptunia oleracea* yang telah diaklimatisasi dipilih yang memiliki kriteria daun berwarna hijau, sehat dan dalam fase vegetatif. *N. oleracea* yang ditanam ±100 g pada tiap bioreaktor, dengan lama fitoremediasi 15 hari.

### Pengukuran Variabel Biologis *Neptunia oleracea* Lour.

- **Berat Segar *Neptunia oleracea* Lour.** Pengukuran berat segar dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Perubahan berat segar *N. oleracea* diperoleh dari pengurangan antara berat *N. oleracea* awal penelitian dengan berat akhir.

- **Laju Pertumbuhan Relatif (LPR),** Pertumbuhan berupa berat segar diukur di awal dan di akhir penelitian untuk mengetahui laju pertumbuhan *Neptunia oleracea* Lour., per hari. Laju pertumbuhan relatif dihitung dengan rumus :

$$\text{Laju Pertumbuhan Relatif (LPR)} = \frac{\ln BS_2 - \ln BS_1}{t_2 - t_1}$$

Keterangan:

LPR: laju pertumbuhan relatif

ln : log natural

BS<sub>1</sub> : berat segar tanaman awal (gram)

BS<sub>2</sub> : berat segar tanaman akhir (gram)

t<sub>1</sub> : waktu awal pengamatan (hari)

t<sub>2</sub> : waktu akhir pengamatan (hari)

**Respons *Neptunia oleracea* Lour.,** Parameter pengamatan respons tanaman berupa keragaan morfologi tanaman meliputi perubahan warna akar, bintil akar, spons pada batang, dan warna daun.

**Analisis Data,** Data kuantitatif dianalisis varian (ANAVA) menggunakan SPSS 16. Jika terdapat pengaruh perlakuan dilanjutkan dengan uji *Duncans Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 0.05. Informasi respons keragaan morfologi *N. oleracea* disajikan dalam bentuk gambar dan dideskripsikan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Laju Pertumbuhan Relatif *Neptunia oleracea* Lour.

Laju pertumbuhan relative (LPR) *N. oleracea* pada fitoremediasi AAT dengan konsentrasi AAT yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 1.

Pertumbuhan *N. oleracea* pada fitoremediasi AAT berbeda nyata dengan *N. oleracea* tanpa AAT. LPR *N. oleracea* pada media tanpa AAT 0,0375g per hari. Pada fitoremediasi AAT 100% didapatkan LPR yang terkecil yaitu 0,0091 gram per hari. Hal ini diduga *N. oleracea* pada fitoremediasi AAT 100% mengalami cekaman. *N. oleracea* mengalami cekaman pada fitoremediasi AAT karena AAT memiliki pH asam (2,69) dan logam berat dan sulfat dalam jumlah yang banyak dalam AAT. Hasil ini sesuai dengan pernyataan [10], bahwa semakin besar kadar cekaman logam yang terkandung dalam air maka akan semakin kecil pertambahan berat segar dan kecepatan pertumbuhan tanaman. Penelitian lain menggunakan *N. oleracea* pada limbah amonia [9], didapatkan hasil bahwa *N. oleracea* mengalami penurunan berat segar dan kecepatan pertumbuhan yang kecil pada perlakuan konsentrasi tertinggi limbah amonia

Tabel 1 Laju pertumbuhan relatif *Neptunia oleracea* Lour. setelah proses fitoremediasi air asam tambang

Konsentrasi AAT (%)	Berat Segar (gram)		LPR (gram/hari)
	Awal	Akhir	
0	100	132	0,0375 <sup>b</sup>
25	100	122	0,0120 <sup>a</sup>
50	100	119	0,0131 <sup>a</sup>
75	100	115	0,0115 <sup>a</sup>
100	100	105	0,0091 <sup>a</sup>

Keterangan: \* Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji *Duncans* taraf 0,05

Laju pertumbuhan relatif *N. oleracea* semakin berkurang diikuti dengan semakin tingginya

konsentrasi AAT. LPR pada konsentrasi AAT 25%, 50%, 75% dan 100% berbeda tidak nyata (Tabel 1). Hal ini terjadi diduga *N. oleracea* pada konsentrasi tersebut memiliki pH AAT yang rendah, pH rendah menyebabkan penyerapan unsur hara untuk pertumbuhan lebih sulit sehingga walaupun *N. oleracea* tetap tumbuh tetapi hasil LPR *N. oleracea* masih rendah dibandingkan tanpa AAT. Tersedianya unsur hara bagi tanaman mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman [11], karena hara tersebut sangat berperan penting dalam proses fotosintesis yang akhirnya akan mempengaruhi hasil LPR. Selanjutnya dijelaskan bahwa ketersediaan unsur hara akan berpengaruh terhadap berat segar akhir tanaman yang berkaitan langsung dengan LPR, dimana LPR menunjukkan peningkatan berat segar dalam suatu interval waktu pada lingkungan tumbuhnya [12].

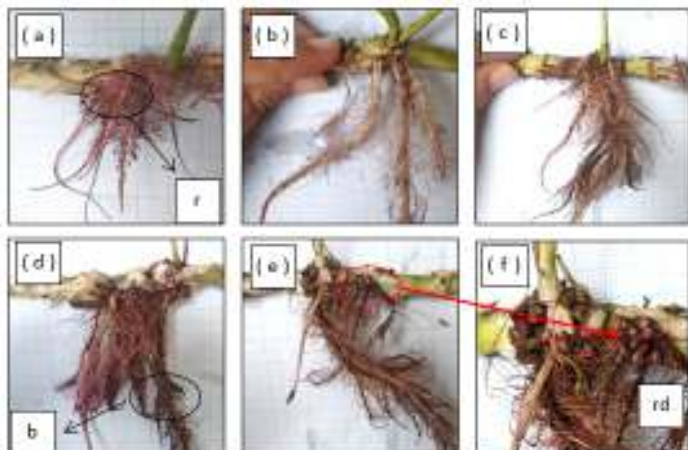
#### Respons *Neptunia oleracea* Lour.

##### Akar dan Bintil Akar *Neptunia oleracea* Lour.

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan pada *N. oleracea* didapatkan bahwa *N. oleracea* dapat toleran terhadap pH rendah dengan pH 2,69 hingga 3,22 dan dapat menyerap logam berat yang dapat dilihat langsung dari perubahan morfologi akarnya. Pada awal dan akhir penelitian menunjukkan perbedaan warna pada setiap konsentrasi AAT (Lampiran: Gambar 1.). Adanya perubahan karakter fisik merupakan salah satu bentuk respons tumbuhan terhadap keberadaan logam berat yang menunjukkan adaptasi tumbuhan dalam menghadapi kontak langsung dengan perlakuan logam berat [13].

Akar merupakan organ yang berinteraksi langsung dengan media AAT, penyerapan kontaminan dilakukan bersamaan dengan penyerapan nutrisi dan air. Akar *N. oleracea* menyerap logam berat lalu diakumulasikan ke organ lain. Penyerapan AAT dilakukan melalui rhizofiltrasi yaitu kontaminan akan menempel lalu diserap oleh akar *N. oleracea*. Hal ini seperti dijelaskan [14], bahwa akar tumbuhan air memiliki rongga akar yang besar sehingga penyerapan berlangsung cepat. Penyerapan logam berupa ion terjadi melalui epidermis akar dan selanjutnya ditransportasikan ke sitoplasma atau sel-sel jaringan

akar yaitu korteks, endodermis, perisikel dan xilem.



Gambar 1. Perubahan warna akar *N. oleracea* setelah fitoremediasi AAT. (a). tanpa AAT, (b). konsentrasi AAT 25%, (c). AAT 50%, (d). AAT 75%, (e). AAT 100%, dan (f). bintil akar pada AAT 100%

Keterangan: r : akar berwarna merah muda, b : akar berwarna kecoklatan, rd : bintil akar.

*Neptunia oleracea* memiliki akar tunggang yang tebal dan akan berkayu ketika dewasa. Penampilan fisik akar *N. oleracea* setelah aklimatisasi yaitu akar yang panjang terlihat bersih, akar yang baru tumbuh berwarna merah muda. Setelah perlakuan fitoremediasi AAT didapatkan kondisi fisik akar pada kontrol dan konsentrasi AAT 25% masih terlihat bersih berwarna merah muda (Gambar 1. (b)). Setelah itu pada konsentrasi AAT 50%, 75% dan 100% didapatkan akar berwarna kecoklatan (Gambar 1. (c), (d) dan (e)). Perubahan warna pada akar dari bersih menjadi kecoklatan diduga bahwa *N. oleracea* telah menyerap logam berat seperti Fe yang banyak pada media yang dapat ditandai dengan perubahan warna menjadi gelap. Perubahan warna akar menjadi kecoklatan diduga aktivitas enzim radikal bebas untuk menetralkan toksisitas dari logam berat. Hal ini seperti dinyatakan [15], bahwa toksisitas besi ditandai dengan munculnya gejala endapan besi ferri ( $Fe^{3+}$ ) yang mengendap pada lapisan luar akar yang menyebabkan ujung akar berwarna kecoklatan.

Konsentrasi AAT 100% memiliki nodul atau bintil akar yang cukup banyak pada akhir penelitian (Gambar 1.(d) dan (f) ditunjukkan pada rd) dengan warna coklat kemerahan. Tumbuhan legum atau kacang-kacangan pada umumnya memiliki bintil akar. Bintil akar pada konsentrasi 100% banyak, diduga pada konsentrasi tersebut *N. oleracea* telah banyak menyerap sulfat dan juga karena adanya

asosiasi dari *N. oleracea* dan bakteri *Rhizobium*. Bintil akar [16] merupakan tonjolan kecil di akar pada anggota Fabaceae yang terbentuk akibat infeksi bakteri *Rhizobium* pengikat nitrogen yang bersimbiosis secara mutualistik dengan tumbuhan, di daerah infeksi tersebut *Rhizobia* membelah diri sebelum akhirnya terbentuk nodul dan *Rhizobium* tersebut terdiferensiasi menjadi bakteroid dan mulai mengikat nitrogen. Ditambahkan oleh [8], bahwa bintil akar pada *N. oleracea* dapat bersimbiosis dengan rhizobia untuk fiksasi nitrogen.

### Batang *Neptunia oleracea* Lour.

Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan pada spon batang *N. oleracea* setelah fitoremediasi menggunakan AAT dapat dilihat pada Gambar 2., sebagai berikut:



Gambar 2. Warna batang dan spon pada *Neptunia oleracea* Lour. setelah fitoremediasi, (a) tanpa AAT, (b) konsentrasi AAT 100%

Keterangan : sw : spon berwarna putih pada perlakuan tanpa AAT, sb : spon berwarna kecoklatan pada perlakuan konsentrasi AAT 100%.

Keragaan pada batang *N. oleracea* sebelum perlakuan rata-rata kecil berwarna hijau dan terdapat spon yang baru tumbuh berwarna putih (Gambar 2. (a) ditunjukkan pada sw). Spon yang menyerupai seperti jaringan aerenkim mungkin bertujuan sebagai upaya toleran pada kondisi hipoksial, dan juga berguna bagi tumbuhan untuk dapat mengambang dipermukaan air

(floting). Seperti dijelaskan [17], bahwa *N. oleracea* akan membentuk jaringan spon yang membengkak pada internodus yang digunakan agar tumbuhan mengambang atau tetap berada di permukaan air.

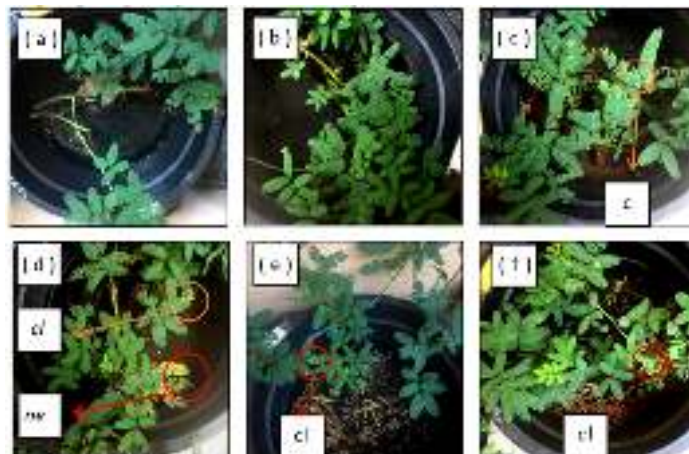
Setelah perlakuan dengan AAT, spon *N. oleracea* pada konsentrasi AAT 100% didapatkan berwarna kecoklatan seperti pada Gambar 2 (b) yang ditunjukkan sb. Diduga residu tersuspensi dan logam berat pada AAT menempel (melekat) pada spon *N. oleracea* sehingga menyebabkan perubahan warna spon pada batang menjadi kecoklatan. Kekeruhan air pada media dan pH yang rendah menyebabkan batang pada *N. oleracea* berubah warna menjadi kecoklatan [18]. Perubahan warna dari spon dari putih menjadi kecoklatan berkemungkinan juga disebabkan adanya mekanisme toleransi tumbuhan dengan meningkatkan sintesis antioksidan non enzimatis berupa asam organik yang mengkhelat logam dari AAT.

#### Daun *Neptunia oleracea* Lour.

Respons morfologi warna daun *N. oleracea* didapatkan berbeda-beda pada setiap konsentrasi AAT, dapat dilihat pada Lampiran. Gambar 2. Diduga daun *N. oleracea* belum toleran terhadap cekaman logam berat sehingga pada konsentrasi AAT yang tinggi daun banyak yang menguning dan gugur. Perubahan warna kuning pada daun merupakan respons *N. oleracea* terhadap banyaknya logam berat yang terdapat pada AAT. Klorosis yaitu berubahnya warna daun menjadi pucat yang dapat disebabkan oleh kadar klorofil yang semakin menurun. Hal ini dijelaskan [19], apabila tumbuhan mengalami kontak langsung dengan logam berat akan mengakibatkan adanya penurunan kadar klorofil daun (klorosis).

Penampilan morfologi sebelum perlakuan terlihat daun berwarna hijau muda dan ada yang berwarna hijau tua. Pada akhir perlakuan didapatkan pada kontrol dan konsentrasi 25% daun masih berwarna hijau (Gambar 3 (a) dan (b)), sedangkan pada konsentrasi AAT 50%, AAT 75% dan AAT 100% daun nampak menguning dan gugur seperti Gambar 3, (c), (d) dan (e) ditunjukkan cl. Hal ini diduga karena menurunnya kadar pigmen klorofil sehingga digantikan oleh pigmen lain misalnya karoten dan xantofil serta meningkatnya akumulasi Fe dan sulfat pada jaringan tumbuhan, maka warna

daun berubah menjadi hijau kekuning-kuningan. Hal ini dijelaskan jika tanaman mengkonsumsi sulfat yang berlebih, daun akan timbul bercak-bercak kuning dan pertumbuhannya terhambat [13]. Selanjutnya juga dijelaskan bahwa daun menjadi kuning diakibatkan dari toksisitas cekaman abiotik (kelebihan logam Fe) dari media. Ditambahkan oleh [20].



Gambar 3. Perubahan warna daun *N. oleracea* pada fitoremediasi AAT. (a) sebelum fitoremediasi, (b) tanpa AAT, (c) konsentrasi AAT 25%, (d) AAT 50%, (e) AAT 75%, dan (f) AAT 100%  
Keterangan: c: klorosis, n: nekrosis

*Neptunia oleracea* pada fitoremediasi konsentrasi AAT 50% menunjukkan adanya nekrosis pada daun, yaitu bercak coklat dan daun yang menghitam seperti ditunjukkan ne pada Gambar 3. (d). Pada konsentrasi AAT 75% dan AAT 100% daun juga mengalami nekrosis tetapi sudah banyak yang gugur. Hal ini diduga disebabkan karena *N. oleracea* mengakumulasi logam Fe sehingga kekurangan unsur hara lain yang dibutuhkan tanaman untuk melakukan metabolisme. Unsur logam Fe paling sering bertentangan atau antagonis dengan unsur mikro lain [13]. Logam Fe akan bersifat toksik ketika terakumulasi dalam jumlah besar dalam jaringan tanaman. Tanaman dengan kandungan Fe yang tinggi dicirikan dengan pertumbuhan kerdil, bercak daun berkarat dan tepi daun yang bernoda [21]. Selanjutnya terlihat gejala nekrosis merupakan gejala kematian sel, jaringan, atau organ tumbuhan sehingga timbul bercak, bintik atau noda pada daun [19].

#### 4. KESIMPULAN

Respons *Neptunia oleracea* Lour. pada fitoremediasi air asam tambang dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan *N. oleracea* pada fitoremediasi AAT lebih kecil dari tanpa AAT dan pada konsentrasi 100% tetap mengalami pertumbuhan dengan LPR 0,0091 g/hari. Keragaan pada akar dan spon pada batang *N. oleraceae* mengalami perubahan warna menjadi kecoklatan dan daun berubah menjadi klorosis. Berdasarkan respons pertumbuhan *N. oleracea* masih mampu tumbuh sampai konsentrasi AAT 100%, dengan pH 2,69 selama 15 hari fitoremediasi.

#### References

- [1] Indra, H., Lepong, Y., Gunawan, F., dan Abfer-tiawan, M. S. 2014. Penerapan Metode Active dan Passive Treatmen dalam Pengelolaan Air Asam Tambang Site Lati. *Jurnal Sylva Lestari*. 1(1): 1-9.
- [2] Munawar, A., Leitu, F. O., dan Bustaman, H. 2011. Aquatic Plants for Acid Mine Drainage Remediation in Simulated Wetland System. *Jurnal Natur Indonesia*. 13(3): 115-123.
- [3] Hidayati, N. 2005. Phytoremediation and Potency of Hyperaccumulator Plants. *Hayati Journal of Biosciences*. 12(1): 35-40.
- [4] Mukhopadhyay, S dan Maiti, S. K. 2008. Phytoremediation of Metal Mine Waste. *Applied Ecology and Environmental Research*. 8(3): 207-222.
- [5] Lasat, M. 2002. Phytoextraction of Toxic metals: a Review of Biological Mechanisms. *Journal Environmental Quality*. 3(1): 109-120.
- [6] Nasution, R. A., Wardana, S.T., Tanzerina, N., Estuningsih, S.P. dan Juswardi. 2021. The Potensial of *Neptunia oleracea* Lour. On Phytoremediation Coal Acid Mine Drainage. *Sriwijaya Biosci-entia* 1(2): 1-4.
- [7] Juhaeti, T., Syarif, F., dan Hidayati, N. 2005. Inventarisasi Tumbuhan Potensial untuk Fitoremediasi Lahan dan Air Terdegradasi Penambangan Emas. *Jurnal BIODIVERSITAS*. 6(1): 31-33.
- [8] Tanzerina, N., Juswardi., dan Fitrialia, E. 2013. Studi Adaptasi Anatomi Organ Vegetatif *Neptunia oleracea* Lour., Hasil Seleksi Lini pada Fitoremediasi Limbah Cair Amoniak. *Prosding Seminar FMIPA Universitas Lampung*. 1(1): 165-173.
- [9] Juswardi., Sagala, E. P., dan Lilian. 2010. Pertumbuhan *Neptunia oleracea* Lour. pada Limbah Cair Amoniak dari Industri Pupuk Urea Sebagai Upaya Pengembangan Fitoremediasi. *Jurnal Penelitian Sains*. 13(1): 1-5.
- [10] Ningsih, I. S. R., Lestari, W. dan Aziz, Y. 2014. Fitoremediasi Zn dari limbah cair pabrik pengolahan karet dengan memnfaatkan *Pistia stratiotes* L. *JOM* 1(2): 1-9.
- [11] Syah, M. J. A., Panja. J. S., F. Usman., dan T. Purnama. 2003. Hubungan Laju Pertumbuhan untuk Seleksi Kegenjehan Tanaman Pepaya. *Jurnal Holtikultura*. 13(3): 1-9.
- [12] Chozin, M. A., Iskandar, L., Ahmad, J., dan Hiroshi. 2015. Rate of Assimilation Total and Relative Growth of Drought Tolerant Rice on Paddy System Mairsura. *Agrium Journal*. 12(1): 10-15.
- [13] Paramitasari, A. 2014. Kemampuan Tumbuhan Air Kiapu *Pistia stratiotes* dalam Fitoremediasi Timbal. *Skripsi*. Bogor: Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- [14] Agustina, L. 2011. *Unsur Hara Mikro I (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co): Manfaat Kebutuhan Kahat dan Keracunan*, Ed ke-1. Malang: Universitas Brawijaya Press. 71 hlm.
- [15] Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius. 244 hlm.
- [16] Kumalasari, E. A., dan Prihastanti. 2015. Pembentukan Bintil Akar Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) dengan Perlakuan Jerami pada Masa Inkubasi yang Berbeda. *Jurnal Sains dan Matematika*. 21(4): 103-107.
- [17] Septiani, M., Mukarlina, N., Wardono, E. R. P. 2017. Pertumbuhan dan Karakter Anatomi Mimosa Air (*Neptunia oleracea* Lour.) pada Air yang Terpapar Logam Aluminium (Al). *Jurnal Protobiont*. 6(3): 75-82.
- [18] Abidin, E. Z., Sharifah, N. S. I., Suriyani, A. Sarva, M. P. 2014. *Neptunia oleracea* (water mimosa) as phytoremediation plant and the risk to human health: A review. *AEINSI Journal*. 8(15): 187-195.
- [19] Fuad, M. T., Aunurohim dan Nurhidayati, T., 2013. Efektifitas Kombinasi *Salvinia molesta* dengan *Hydrilla verticillata* dalam Remediasi Logam Cu pada Limbah Elektroplating. *Jurnal SAINS dan Seni Pomits*. 2(1) : 240-243.
- [20] Nurlina., Sri, S., Ruslan, U. 2016. Akumulasi Logam Berat Besi (Fe) pada *Pistia stratiotes* L.

dari Air Sumur Sekitar Workshop UNHAS. *Prosiding Seminar Nasional from*

- [21] Syahreza, 2012. Preparasi dan Karakterisasi Bentonit Tapanuli Terinterkalasi Surfaktan Kationik Odtmabr dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Para-Klorofenol. *Jurnal Kimia*. 1(1): 1-19.