

SKRIPSI

KANDUNGAN ASAM ASKORBAT DAN ASAM SITRAT PADA *Eleocharis dulcis* (Burn.f.) Trin. Ex Hensch. DALAM FITORMEDIASI AIR ASAM TAMBANG BATUBARA DI WETLEND PIT 07 BANKO BARAT

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Pada
Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya



OLEH :
WISNU MUKTI
08041281621076

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

KANDUNGAN ASAM ASKORBAT DAN ASAM SITRAT PADA *Eleocharis dulcis* (Burn.f.) Trin. Ex Hensch. DALAM FITORMEDIASI AIR ASAM TAMBANG BATUBARA DI WETLEND PIT 07 BANKO BARAT

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Pada
Jurusan Biologi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya

OLEH :

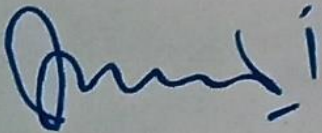
WISNU MUKTI

08041281621076

Indralaya, Oktober 2020

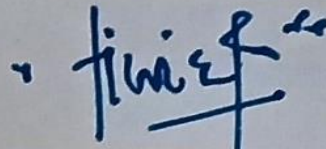
Mengetahui,

Dosen Pembimbing I



Drs. Juswardi, M.Si.
NIP. 196309241990021001

Dosen Pembimbing II



Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si.
NIP.196407111989032001



Ketua Jurusan
Dr. Arum Setiawan, S.Si., M.Si.
NIP. 197211221998031001

HALAMAN PERSETUJUAN

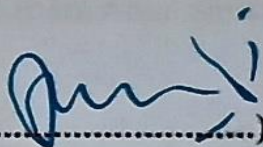
Karya tulis ilmiah ini berupa Skripsi dengan judul **Kandungan Asam Askorbat dan Asam Sitrat pada *Eleocharis dulcis* (Burn.f.) Trin. Ex Hench Dalam Fitoremediasi Air Asam Tambang Di *Wetland* PIT 07 Banko Barat** telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya pada 17 Juli 2020.

Inderalaya, Oktober 2020

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

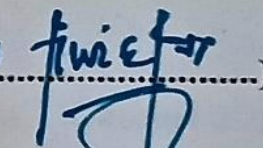
Ketua :

1. Drs. Juswardi, M.Si.
NIP.196309241990021001

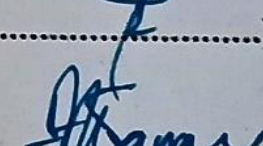
()

Anggota

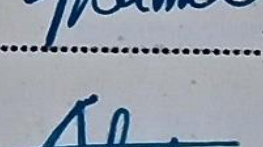
2. Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si
NIP.196407111989032001

()

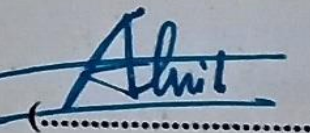
3. Singgih Triwardana, S.Si. M.Si
NIP.197109111999031004

()


4. Dra. Nina Tanzerina, M.Si.
NIP.196402061990032001

()

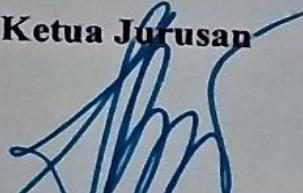
5. Dr. Salni, M.Si.
NIP. 196608231993031002

()

Mengetahui,
Dekan FMIPA


Prof. Dr. Iskhag Iskandar, M.Sc.
NIP.197210041997021001

Ketua Jurusan


Dr. Arum Setiawan, M.Si.
NIP. 197211221998031001



HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wisnu Mukti

NIM : 08041281621076

Judul : Kandungan Asam Askorbat dan Asam Sitrat pada *Eleocharis dulcis* (Burn.f.) Trin. Ex Hench Dalam Fitoremediasi Air Asam Tambang Di *Wetland* PIT 07 Banko Barat

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan atau *plagiat*. Apabila ditemukan unsure penjiplakan atau *plagiat* dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, Oktober 2020



Wisnu Mukti
NIM. 08041281621076

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wisnu Mukti

NIM : 08041281621076

Judul Skripsi : Kandungan Asam Askorbat dan Asam Sitrat pada *Eleocharis dulcis* (Burn.f.) Trin. ex Hensch Dalam Fitoremediasi Air Asam Tambang Di *Wetland* PIT 07 Banko Barat

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya demi kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam hal ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis penanggungjawab atau korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Oktober 2020



Wisnu mukti

RINGKASAN

KANDUNGAN ASAM ASKORBAT DAN ASAM SITRAT PADA *Eleocharis dulcis* (Burn.f.) Trin. ex Hensch. DALAM FITORMEDIASI AIR ASAM TAMBANG BATUBARA DI WETLEND PIT 07 BANKO BARAT
Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, Mei 2020

Wisnu Mukti (08041281621076)

Dibimbing oleh Drs. Juswardi. M.Si dan Dra. Sri Pertiwi Estuningsih. M.Si

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

Pertambangan batubara dengan sistem pertambangan terbuka menghasilkan limbah air asam tambang (AAT). AAT memiliki nilai pH yang rendah <4 sehingga menyebabkan tingginya kelarutan logam pada AAT. Limbah AAT dapat diolah menggunakan metode fitoremediasi dengan sistem *wetland*. Proses fitoremediasi pada AAT dapat menyebabkan stress bagi *Eleocharis dulcis* Respons adaptasi terhadap cekaman AAT yaitu berupa sintesis asam sitrat dan asam askorbat sebagai antioksidan non enzimatis. Sehingga dilakukan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan dan fungsi asam sitrat dan asam askorbat dalam fitoremediasi air asam tambang pada kondisi *wetland* di PIT 07 Banko Barat. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *convenience sampling*. Pengukuran konsentrasi Fe dan Mn pada AAT dan sedimen menggunakan metode spektrofotometri serapan atom, serta pengukuran sulfat pada AAT dengan metode turbiditas. Pengukuran asam sitrat dan asam askorbat menggunakan metode spektrofotometri Uv-Vis. Analisis data yang digunakan berupa data kuantitatif untuk pengukuran pH, kadar Fe, Mn, dan sulfat dan pada data asam askorbat dan asam sitrat disajikan pada Tabel analisis pemusatan data standar deviasi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada *E. dulcis* dibawah tekanan AAT *wetland* didapatkan hasil bahwa kandungan asam sitrat sebesar 124,94 ppm dan asam askorbat 21 ppm pada akar. Kemudian pada buluh kandungan asam sitrat sebesar 135 ppm dan asam askorbat 109 ppm. asam askorbat dan asam sitrat akan membantu *E. dulcis* terhadap cekaman AAT. selanjutnya pH pada inlet menuju outlet mengalami kenaikan sehingga sesuai dengan baku mutu lingkungan yaitu 6,0. Konsentrasi logam Fe dan Mn pada AAT juga mengalami penurunan dari inlet sampai outlet. Konsentrasi Fe AAT pada outlet sebesar 0 ppm dan untuk Mn 5,29 ppm. Konsentrasi Fe pada outlet sudah memenuhi baku mutu lingkungan. Akan tetapi logam Mn belum memenuhi standar baku mutu lingkungan. pada sedimen *wetland* diperoleh konsentrasi Fe sebesar 391,56 ppm dan Mn sebesar 28,56 ppm.

Kata Kunci : Antioksidan Non enzimatis, fitoremediasi, asam sitrat, asam askorbat, *Eleocharis dulcis* (Burm.f.) Trin. ex Hensch.

SUMMARY

CONTENT OF ASCORBIC ACID AND CITRIC ACID IN *Eleocharis dulcis* (Burm.f.) Trin. ex Huncsh. ON FITORMEDIATION OF COAL ACID MINE DRAINAGE IN WETLEND PIT 07 BANKO BARAT

Scientific Papers in the form of a Thesis, July 2020

Wisnu Mukti (08041281621076)

Supervised by Drs. Juswardi. M.Si and Dra. Sri Pertiwi Estuningsih. M.Si.

Departement of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

Coal mining with an open mining system produces acid mine drainage (AMD). AMD has a low pH value <4 which causes high metal solubility. AMD waste can be processed using the phytoremediation method with the wetland system. The phytoremediation process in AMD can make *Eleocharis dulcis* stress. The formation of AMD is caused by the oxidation of sulfide minerals present in rocks with oxygen and water so that it has a low pH <4 which causes high metal solubility. AMD waste can be treated by phytoremediation using the wetland system. The phytoremediation process in AMD can cause stress for *E. dulcis*. Adaptation response to AMD stress in *E. dulcis*. is the synthesis of citric acid and ascorbic acid as non-enzymatic antioxidants. This study aims to determine the content of citric acid and ascorbic acid in phytoremediation of acid mine drainage in the wetland conditions of PIT 07 Banko Barat. Convenience sampling methods are used for sampling. Measurement of Fe and Mn concentrations in AMD and sediments using atomic absorption spectrophotometry methods, as well as sulfur extraction in AMD by turbidity methods. Measurement of citric acid and ascorbic acid using the Uv-Vis spectrophotometry method. Analysis of the data used in the form of quantitative data for the measurement of pH, Fe, Mn, and sulfate levels and the ascorbic acid and citric acid data are presented in the analysis table of the standard deviation data centering. Based on research that has been done on *E. dulcis*. under the AMD wetland pressure, it is found that the content of citric acid is 124.94 ppm and ascorbic acid 21 ppm in the roots. Then in the leaves the content of citric acid is 135 ppm and ascorbic acid 109 ppm. Then the pH at the inlet to the outlet increases, so that it matches the environmental quality standard (6.0). Fe and Mn metal concentrations in AMD also experienced a decrease from inlet to outlet. The concentration of Fe AMD at the outlet was 0 ppm and for Mn 5.29 ppm. Fe concentration at outlets has fulfilled environmental quality standards. However, Mn metals do not meet environmental quality standards. Wetland sediments obtained Fe concentration of 391.56 ppm and Mn of 28.56 ppm. Measurement content of citric acid and ascorbic acid as non-enzymatic antioxidants can be used as an adaptation response stressed to AMD.

Keyword: Non-enzymatic antioxidants, phytoremediation, citric acid, ascorbic acid, *Eleocharis dulcis* (Burm.f.) Trin. ex. Hensch.

“Amor Fati”

*Karya ini saya persembahkan
kepada Penguat Hati
Allah SWT beserta Habiballah Muhammad Saw
Bapak, ibu dan adik-adik
Keluarga besar
Almamaterku*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberi Rahmat dan Karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Kandungan Asam Askorbat dan Asam Sitrat Pada *Eleocharis dulcis* (Burn.f.) Trin. ex Hensch. Dalam Fitoremediasi Air Asam Tambang Batubara Di Wetland PIT 07 Banko Barat.**” Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains bidang studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Terimakasih serta rasa hormat penulis ucapkan kepada kedua pembimbing Drs. Juswardi, M. Si dan Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si yang telah memberikan bimbingan dalam pembuatan skripsi ini dengan penuh kesabaran, serta ikhlas meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran sehingga skripsi ini terselesaikan.

Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Yth :

1. Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE, selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Dr. Ishak Iskandar, M.Sc. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Dr. Arum Setiawan, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
4. Dr. Elisa Nurnawati, M.Si selaku Sekertaris Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
5. Singgih Triwardana S.Si., M.Si. dan ibu Dra. Nina Tanzerina, M. Si. Selaku dosen pembahas skripsi.
6. Seluruh Staf Dosen dan Karyawan Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya, terutama Pak Nanang, Ka Andi, dan Ka Bambang, terimakasih telah membantu pen ulis terutama urusan administrasi selama masa perkuliahan.
7. Drs. Enggar Patriono, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik.
8. Seluruh rekan – rekan mahasiswa/i Biologi Angkatan 2016 terutama rekan satu tim penelitian Evi dan Ratu atas segala dukungan dan kebersamaannya selama ini.
9. Seluruh Staf Karyawan di Satuan Kerja Pengelolaan Lingkungan, PT. Bukit Asam, Tanjung Enim, Sumatera Selatan yang telah membantu dalam pengambilan sampel AAT dan *Eleocharis dulcis* di lapangan.

Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan krunia-Nya dan membalas segala amal budi serta kebaikan pihak – pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini dan semoga dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Indralaya, Oktober 2020

Penulis

DAFTAR ISI

| Isi | Halaman |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH | iii |
| HALAM PERNYATAAN PUBLIKASI | iv |
| RINGKASAN | vi |
| SUMMARY | v |
| LEMBAR PERSEMBAHAN | viii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| | |
| BAB 1. PENDAHULUAN | |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3. Tujuan | 3 |
| 1.4. Manfaat | 3 |
| | |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1. Air Asam Tambang | 4 |
| 2.1.1. Logam Pada Air Asam Tambang | 4 |
| 2.1.2. Pembentukan Air Asam Tambang | 4 |
| 2.3.3. Dampak Air Asam Tambang | 5 |
| 2.2. Dampak Cekaman Logam Pada Tumbuhan | 6 |
| 2.3. Fitoremediasi | 7 |
| 2.2.1. Rizofiltrasi | 8 |
| 2.2.2. Fitoekstrasi | 8 |
| 2.2.3. Fitrasformasi | 8 |
| 2.2.4. Fitostimulasi | 9 |
| 2.2.5. Fitostabilisasi | 9 |
| 2.3. Kriteria Tumbuhan Fitoremediasi Logam | 9 |
| 2.3.1. Purun Tikus (<i>Eleocharis dulcis</i> (Burm.f.) Trin. ex Hensch) | 10 |
| 2.3.2. Habitat <i>Eleocharis dulcis</i> (Burn.f.) Trin. ex Hensch | 11 |
| 2.4. Mekanisme Toleran Logam Pada Tumbuhan | 11 |
| 2.5. Asam Organik | 13 |
| 2.5.1. Asam Askorbat | 14 |
| 2.5.2. Asam Sitrat | 16 |
| | |
| BAB 3. METODE PENELITIAN | |
| 3.1. Waktu Dan Tempat | 19 |
| 3.2. Alat dan Bahan | 20 |
| 3.3. Metode Penelitian | 20 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4. Cara Kerja | 20 |
| 3.4.1. Preparasi Sampel | 20 |
| 3.4.1.1. Preparasi Sampel Buluh dan Akar | 20 |
| 3.4.1.2. Preparasi Sedimen | 21 |
| 3.4.2. Parameter Air Asam Tambang | 21 |
| 3.4.2.1. Pengukuran pH pada Air Asam Tambang | 21 |
| 3.4.2.2. Pengukuran Fe pada Air Asam Tambang | 21 |
| 3.4.2.3. Pengukuran Mn pada Air Asam Tambang | 22 |
| 3.4.2.4. Pengukuran Kadar Sulfat (SO ₄ ²⁻) Pada AAT | 22 |
| 3.4.2.5. Pengukuran Kadar Fe dan Mn pada Sedimen | 23 |
| 3.5.1. Parameter Biologis | 23 |
| 3.5.1.1. Penentuan Kadar Asam Askorbat Dalam Sampel | 23 |
| 3.5.1.2. Penentuan Kadar Asam Sitrat Dalam Sampel | 23 |
| 3. 6. Analisis Data | 24 |
| | |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1. Kandungan Asam Askorbat dan Asam Sitrat | 25 |
| 4.2. Parameter Lingkungan | 33 |
| | |
| BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1. Kesimpulan | 37 |
| 5.2. Saran | 37 |
| | |
| DAFTAR PUSTAKA | 38 |
| | |
| LAMPIRAN | 47 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1. Produksi Alami Senyawa ROS pada Tumbuhan..... | 6 |
| Gambar 2.2. <i>Eleocharis dulcis</i> (Burm.f.) Trin. ex Hensch | 11 |
| Gambar 2.3. Mekanisme detoksifikasi logam..... | 12 |
| Gambar 2.4. Peran Biologis Utama Askorbat..... | 14 |
| Gambar 2.5. Siklus AsA-GSH | 15 |
| Gambar 2.6. Mekanisme Eksudasi dan Lokalisasi Asam sitrat | 17 |
| Gambar 3.1. Denah KPL PIT 07 Banko Barat..... | 18 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 4.1. Kandungan Asam Askorbat dan Asam Sitrat Pada Buluh dan Akar..... | 24 |
| Tabel 4.2. Kandungan Logam, Ph, dan sulfat pada Air Asam Tambang <i>wetland</i> PIT 07 Banko Barat..... | 31 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|----|
| Lampiran. 1. Pengambilan sampel dan pengukuran pH | 47 |
| Lampiran 2. Pengukuran Fe, Mn, dan SO ₄ Pada Air Asam Tambang..... | 48 |
| Lampiran 3. Pengukuran asam sitrat dan asam askobat | 49 |
| Lampiran 4. Perhitungan..... | 51 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Pertambangan batubara di Indonesia khususnya di pulau Sumatera umumnya merupakan sistem pertambangan terbuka. Menurut Fachlevi *et al.* (2015), lahan tambang yang terbuka menimbulkan kontak antara mineral batuan dengan oksigen dan air, sehingga membentuk air asam tambang (AAT) yang memiliki pH <4, sehingga memiliki kelarutan logam yang tinggi. Susilo *et al.* (2010), menyatakan, AAT yang dibuang secara langsung atau memasuki ekosistem lingkungan sekitar, akan menyebabkan pencemaran lingkungan karena terjadi perubahan pH dan ketersediaan unsur hara. Perubahan unsur hara tersebut diakibatkan oleh logam yang teradapat pada air asam tambang. AAT mengandung Beberapa sulfida logam yang sering dijumpai antara lain FeS, FeS₂, PbS, Cu₂S, CuS, CuFeS₂, MoS₂, NiS, ZnS, MnS, dan FeAsS (Said, 2014).

Logam – logam yang terkandung dalam air asam tambang melebihi baku mutu akan berbahaya bagi keberlangsungan hidup organisme (Effendi, 2003). Mengacu pada keputusan menteri negara lingkungan hidup no 113 tahun 2003, kadar maksimum Fe 7 ppm dan Mn 4 ppm pada air limbah kegiatan pertambangan batubara. Oleh karena itu perlu adanya penanggulangan limbah air asam tambang sebelum dibuang ke lingkungan. Salah satu penanggulangan limbah AAT yang dapat dilakukan yaitu dengan fitoremediasi menggunakan tumbuhan. Salah satu tumbuhan yang digunakan oleh PT Bukit Asam dalam menanggulangi limbah AAT di *wetland* PIT 07 Banko Barat yaitu Mendong/Purun tikus atau *Eleocharis dulcis* (Burm.f.) Trin. ex Hesch.

Eleocharis dulcis (Burm.f.) Trin. ex Hesch atau yang bernama umum purun tikus (USDA, 2019) merupakan tumbuhan yang hidup di lahan basah. Tumbuhan ini dapat tumbuh dengan normal pada lingkungan yang memiliki kadar logam yang cukup tinggi. Menurut Yunus dan Prihatini (2018), Purun tikus adalah tumbuhan hiperakumulator Fe, sehingga dapat digunakan dalam pengelolaan AAT batubara. Selanjutnya Rosyidah *et al.* (2018), menyatakan bahwa tumbuhan yang mampu

beradaptasi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem, biasanya mempunyai bioaktivitas antioksidan yang tinggi.

Akumulasi logam yang dilakukan tumbuhan pada saat melakukan proses fitoremediasi dapat menyebabkan tumbuhan tersebut memproduksi ROS (reaktif oksigen spesies) dalam konsentrasi tinggi. Produksi senyawa ROS yang berlebihan akan mengakibatkan kematian pada tumbuhan. Sehingga untuk menyeimbangkan atau mengurangi ROS yang dihasilkan oleh akumulasi logam berat, tumbuhan akan meningkatkan sistem pertahanannya melalui sintesis antioksidan seperti asam sitrat dan asam askorbat yang termasuk kedalam antioksidan non – enzimatik. Menurut Racchi (2013), antioksidan baik enzim dan non – enzimatik akan membantu sel tumbuhan dalam bertahan dalam kondisi stress. Selanjutnya menurut Cresna dan Ratman (2014), asam askorbat Secara biokimia mempunyai berbagai peran yaitu: memperkaya reduktan biologi sebagai suatu kofaktor penting untuk reaksi-reaksi reduksi logam seperti besi dan tembaga.

Menurut Osmolovskaya *et al.* (2018), metabolisme asam organik merupakan hal mendasar yang sangat penting bagi semua tumbuhan, terutama pada tumbuhan yang memiliki toleransi terhadap logam berat. Dasar dari fenomena ini adalah kemampuan asam organik seperti sitrat membentuk ikatan yang kuat dengan ion logam berat melalui gugus karboksil pada asam organik yang membawa fungsi oksigen donor sebagai ligan pada logam. Menurut Siedlecka *et al.* (2001) dalam Soepandie (2013), mekanisme toleransi internal meliputi detoksifikasi logam melalui khelatisasi dalam sitosol atau dikompartementasikan ke vakuola.

Asam askorbat juga berperan dalam fungsi sistem oksigenasi, dan meningkatkan penyerapan serta metabolisme zat besi. Penelitian Tripathi (2014) menyatakan, Semakin besar konsentrasi logam kadmium (Cd) dan timbal (Pb) yang diberikan pada tumbuhan *Shorea robusta* Gaertn f. semakin besar konsentrasi asam askorbat pada daun. Selanjutnya menurut Chen *et al* (2002) menyatakan bahwa asam sitrat dapat mengurangi toksisitas Pb dan Cd, dan selanjutnya merangsang transportasi ion Cd dan Pb dari akar ke tunas.

1.2.Rumusan Masalah

Aktivitas pertambangan dapat menyebabkan terbentuknya limbah air asam tambang yang dapat mencemari lingkungan. Air asam tambang memiliki pH yang rendah dan kandungan logam yang tinggi. Salah satu pengolahan limbah air asam tambang yaitu dengan memanfaatkan tumbuhan sebagai agen fitoremediasi. *Eleocharis dulcis* digunakan oleh PT Bukit Asam sebagai agen fitoremediasi air asam tambang di kawasan lahan basah buatan Pit 07 Banko Barat. Respons tumbuhan terhadap cekaman logam yaitu dengan mensintesis asam organik seperti asam sitrat dan asam askorbat. Sehubungan dengan hal tersebut perlu diketahui kandungan asam sitrat dan asam askorbat pada *Eleocharis dulcis* pada fitoremediasi air asam tambang di kawasan lahan basah buatan Pit 07 Banko Barat.

1.3.Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan asam askorbat dan asam sitrat pada akar dan buluh *Eleocharis dulcis* sebagai respons adaptasi terhadap cekaman logam pada AAT di Kawasan lahan basah buatan PIT 07 PT Bukit Asam Banko Barat.

1.4.Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi mengenai kandungan asam askorbat dan asam sitrat pada *Eleocharis dulcis* yang menjadi mekanisme respons adaptasi dalam fitoremediasi air asam tambang pada *wetland* Pit 7 Banko Barat dan sebagai upaya dalam evaluasi peninjauan fitoremediasi air asam tambang.

DAFTAR PUSTAKA

- Apelblat, A. 2014. Citric acid. *Springer international publising Switzerland*. DOI 10.1007/978 – 3 – 319 – 11233 – 6_1.
- Ann. C., S. Karen, R. Jos, O. Kelly, K. Els, K. Tony, H. Nele, V. Nathalie, V. S. Suzy, V. B., Frank, G. Yves, C. Jan, dan V. Jaco. 2011. The cellular redox state as a modulator in cadmium and copper responses in *Arabidopsis thaliana* seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 168(4), 309–316.
- Anjum, N. A., S. S. Gill, dan, R. Gill. . 2014. Metal/metalloid stress tolerance in plants: role of ascorbate, its redox couple, and associated enzymes. *review article*.
- Arif, N., V. Yadaw, S. Singh, P. Ahmad, R. Mishra, S. Shara, Tripathi, D. K Dubey, dan D. K . Chauhan. 2016. Influence of high and low levels of plant-beneficial heavy metal ions on plant growth and development. *Mini review Frontiers in Environmental Science*. 4(69).
- Asada. K. 1991. Ascorbate peroxydase – a hydrogen proxide-scaveing enzym in plant. *Physiologia plantarum*. 85; 235 – 241.
- Azwari, F., J. Triyono, P. Studi, P. Lingkungan, P. Pertanian, N. Samarinda, dan E. Gondok. 2019. *Fitoremediasi Logam Fe dalam Air Asam Tambang Menggunakan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes)*. 15(02), 42–45.
- Berni, R., M. Luyckx, X. Xu, S. Legay, K. Sergeant, J. F. Hausman, S. Lutts, G. Cai, dan G. Guerriero. 2019. Reactive oxygen species and heavy metal stress in plants: Impact on the cell wall and secondary metabolism. *Environmental and Experimental Botany*, 161
- Bielen, A., T. Remans, J. Vangronsveld, dan A. Cuypers. 2013. The influence of metal stress on the availability and redox state of ascorbate, and possible interference with its cellular functions. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(3), 6382–6413.
- Bock, C., M. Kolb, M. Bokern, H. Harms, M. Mackova, L. Chroma, T. Macek, J. Hughes, C. Just, dan J. Schnoor. 2002. Advances in phytoremediation: Phytotransformation. *Innovative Approaches to the On-Site Assessment and Remediation of Contaminated Sites*, 115-140.
- Blasco, B., E. Navarro-León, dan J. M. Ruiz. 2018. Oxidative Stress in Relation With Micronutrient Deficiency or Toxicity. In *Plant Micronutrient Use Efficiency: Molecular and Genomic Perspectives in Crop Plants*. Elsevier Inc.

- Cresna, M. Napitupulu, dan Ratman. 2014. Analysis of Vitamin C in The Fruit of Papaya, Soursop, Sugar Apple and Langsat That Grown in Donggala. *Jurnal akademika kimia*. 3(3); 121 – 128.
- Clemens. S. 2000. Riview molecular mechanism of plant metal tolerance and homeostasis. *Planta*. 212; 475 – 486.s
- Chen. Y.X., Q. Lin, Y. M. Luo, Y. F. He, S. J. Zhen, Y. L. Yu, G. M. Tian, M. H. Wong. 2002. The role of citric acid on the phytoremediation of heavy metal contaminated soil. *Chemosphere*. 50; 807 – 811.
- Cobbett. C.S. 2000. Heavy metal detoxification in plants: phytochelatin biosynthesis and function. *Australian biochemist*. 31(4).
- Cocetta G., K. Karpnera, M. Suokas, A. Hohtola, H. Haggman, A. Spinardi, I. Mignani, dan L. Jaakola. 2012. Ascorbic acid metabolism during bilberry (*Vaccinium myrtillus* L) fruit development. *Jornal of plant physiology*. 162; 1056 – 1065.
- Das. K. dan A. Roychoudhury. 2014. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS scavengers during environmental stress in plants. *Riview artitel*. 2(53).
- Dar, M. I., M. I. Naikoo, F. A. Khan, F. Rehman, D. Green, Naushin., dan A. A. Ansari. 2017. Reactive oxygen species and antioxidant systems in plants: Role and regulation under abiotic stress. *Reactive Oxygen Species and Antioxidant Systems in Plants: Role and Regulation under Abiotic Stress*, 1–329.
- Dewanti. A. W., E. Pratiwi, dan Y. Nuraini. 2016. Viabilitas dan aktivitas enzim fosfatase serta produksi asam organik bakteri perlarut fosfat pada beberapa suhu simpanan. *Jurnal tanah dan sumberdaya lahan*. 3(1);311-318.
- Ebrahimian. E., dan A. Bybordi. 2014. Effect of Organic Acids on Heavy-Metal Uptake and Growth of Canola Grown in Contaminated Soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 45: 1715 – 1725.
- Edy. D. L., Widiyanti, F. Riza, dan K. Sofia. 2019. Peningkatan hasil produksi umkm pengrajin serat mendong desa blayu kec. Wajak. *Jurnal karinov*. 2(2); 89 – 92.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Enggarini, W., dan E. Marwani. 2006. Pengaruh Cekaman Aluminium terhadap Kandungan Asam Organik dalam Kalus dan Pinak Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Jurnal AgroBiogen*, 2(1), 24.

- Fachlevi. A. T., E. I. K. Putri, dan Simanjuntak. 2015. Dampak dan evaluasi kebijakan pertambangan batu bara di kecamatan mereubo. *Risalah Kebijakan Pertanian dan lingkungan*. 2(2); 170 – 179.
- Fajarwati. I. 2007. Sekresi asam organik pada tanaman padi yang mendapat cekaman aluminium. *Skripsi*. IPB.
- Flora. S. J. S. 2015. *Handbook of arsenic toxicology*. (online); Academic Press is an imprint of Elsevier.
- Garbisu, C., dan I. Alkorta. 2003. Review Basic concepts on heavy metal soil bioremediation. *The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection*. 3(1); 58 – 66.
- Gest. N., H. Gautier, dan R. Stavens. 2013. Ascorbate as seen throughout plant evolution: the rise of a successful molecule?. *Journal of experimental botany*. 64(1); 33 – 53.
- Ghori, N. H., T. Ghori, M. Q. Hayat, S. R. Imadi, A. Gul, V. Altay, dan M. Ozturk. 2019. Heavy metal stress and responses in plants. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(3), 1807–1828.
- Handayanto. E., Y. Nuraini, N. Muddarisna, N. Syam, dan A. Fiqri. 2017. *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah*. Malang; Ubpress.
- Harfani. E. Y. 2007. Evaluasi pengelolaan lingkungan PT. Bukit baiduri energi Kalimantan Timur. *Tesis*. Program magister ilmu lingkungan, universitas diponegoro, Semarang.
- Hartanti, P. I., A. T. S. Haji, dan R. Wirosodarmo. 2014. The Influence Of Plant Density Water Hyacinth (*Eichornia Crassipes*) Againsts Metal Loss Chromium In Tannery Waste Liquid. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 31–37.
- Hall. J. L. 2002. Review article cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. *Journal of experimental botany*. 53(366); 1 – 11.
- Hidayati, N. 2005. Ulasan Fitoremediasi dan potensi tumbuhan hiperakumulator. *Jurnal hayati*. 12(1); 35 – 40.
- Hidayati. N. 2013. Mekanisme fisiologi tumbuhan hiperakumulator logam berat. *Jurnal teknik lingkungan*. 14(2); 75 – 82.
- Ismangil dan E. Hanudin. 2005. Degradasi mineral batuan oleh asam – asam organik. *Jurnal ilmu tanah dan lingkungan*. 5(1); 1 – 17.

- Juhriah dan M. Alam. 2016. Fitoremediasi logam berat merkuri (Hg) pada tanah dengan tanaman *Celosia plumosa* (voss) Burv. *Plants. Jurnal biologi makassar*. 1(1); 1 – 8.
- Jibril, S. A., S. A. Hassan, C. F. Ishak, dan P. E. M. Wahab. 2017. Cadmium Toxicity Affects Phytochemicals and Nutrient Elements Composition of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) . *Advances in Agriculture, 2017*, 1–7.
- Kaharapenni. M., dan R. H. Noor. 2015. Pencemaran kualitas air dari adanya potensi air asam tambang akibat penambangan batubara. *Jurnal intekna*. 15(2); 156 – 160.
- Kamarati. K. F. A., M. Ivanhoe, dan M. Sumaryono. 2018. Kandungan logam berat besi (Fe), Timbal (Pb), dan Mangan (Mn) pada air sungai santan. *Jurnal penelitian ekosistem dipterokarpa*. 4(1);49-56.
- Krems. P., M. Rajfur, M. Wacklawer, dan A. Klos. 2013. The use of water plants in biomonitoring and phytoremediation of water polluted with heavy metals. *Ecol chem eng s*. 20(2); 352 – 370.
- Kusrijadi. A., A. Mudzakir, dan S. Fatima. 2002. Peningkatan kualitas sanitasi lingkungan berbasis fitoremediasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*.
- Kurniawan, F., T. H. Abu, dan B. Subardi. 2015. Analisis Logam (Fe, Pb), Nitrat (NO₃⁻, dan Sulfida (S₂⁻) pada Limbah Tambang Batubara PT. Tri Bakti Sarimas di Desa Pangkal Kuansing. *JOM MIPA*. 2(1): 212-221.
- Kumar, R., R. K. Mishra, V. Mishra, A. Qidwai, A. Pandey, S. K. Shukla, M. Pandey, A. Pathak, dan A. Dikshit. 2016. Detoxification and Tolerance of Heavy Metals in Plants. In *Plant Metal Interaction: Emerging Remediation Techniques*. Elsevier Inc.
- Lamoreaux. R. J. Wiliam. R. C. 1978. The Effect of Cadmium on Net Photosynthesis, Transpiration, and Dark Respiration of Excised Silver Maple Leaves. *Physiol. Plant*. 43: 231-236.
- Lal. N. 2010. Molecular mechanism and genetic basis of heavy metal toxicity and tolerance in plants. *Plant adaptation and phytoremediation*: 35 – 45.
- Lakitan. B. 2015. *Dasar – dasar fisiologi tumbuhan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Lo´pez-Bucio, J., M. F. Niteo-jacob, V. Ramı´rez-Rodri´guez, dan L. Herrera-Estrella. 2000. Review Organic acid metabolism in plants: from adaptive physiology to transgenic varieties for cultivation in extreme soils. *Plant Science* 160.
- Lehninger, A, L. 1982. *Dasar – dasar biokimia jilid 2*. Jakarta : Erlangga.

- Linster, C. L., dan S. G. Clarke. 2008. l-Ascorbate biosynthesis in higher plants: the role of VTC2. *Trends in Plant Science*, 13(11), 567–573.
- Malik, B., K. R. Hakeem, I. Tahir, dan U. R. Rehman. 2014. Plant signaling: Understanding the molecular crosstalk. In *Plant Signaling: Understanding the Molecular Crosstalk* (Vol. 9).
- Mazid. M., T. A. Khan, Z. H. Khan, S. Quddusi, dan F. Mohamad. 2011. Occurrence, biosynthesis and potentialities of ascorbic acid in plant. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 1(2); 167 – 184.
- Miyasaka. S. C., J. B. Buta, R. K. Howell. dan C. D. Foy. 1991. Mechanism of aluminium tolerance in snapbeans. *Plant physiol.* 96; 737 – 743.
- Mirouze, M., dan J. Paszkowski. 2011. Epigenetic contribution to stress adaptation in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 14(3), 267–274.
- Mnasri, M., R. Ghabriche, E. Fourati, H. Zaier, K. Sabally, S. Barrington, S. Lutts, C. Abdelly, dan T. Ghnaya. 2015. Cd and Ni transport and accumulation in the halophyte *Sesuvium portulacastrum*: Implication of organic acids in these processes. *Frontiers in Plant Science*, 6(MAR), 1–9.
- Mujiyanti, D. R. *et al.* 2014. Penentuan Kandungan Timbal, Tembaga dalam Air-Sedimen pada Salah Satu Lubang Tambang Intan di Kelurahan Sungai Tiung Kota Banjarbaru. *Sains dan Terapan Kimia*. 8(2). 112–119.
- Nasir. S., M. Purba, dan O. Sihombing. 2014. Pengolahan air asam tambanga dengan menggunakan membran keramik berbahan tanah liat, tepung jagung dan serbuk besi. *Jurnal teknik kimia*. 3(20); 22-30.
- Najeeb, U., L. Xu, S. Ali, G. Jilani, H. J. Gong, W. Q. Shen, dan W. J. Zhou. 2009. Citric acid enhances the phytoextraction of manganese and plant growth by alleviating the ultrastructural damages in *Juncus effusus* L. *Journal of Hazardous Materials*, 170(2–3), 1156–1163. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.084>.
- Nascimento, C. W. A., D. Amarasiriwardena, dan B. Xing. 2006. Comparison of natural organic acids and synthetic chelates at enhancing phytoextraction of metals from a multi-metal contaminated soil. *Environmental Pollution*, 140(1), 114–123.
- Noviati. A., Y. Nurchayati, dan Setiari. 2012. Respon pertumbuhan dan produksi senyawa antioksidan pada kalus rosela (*hibiscus sabdariffa* L) dari eksplan yang berbeda secara *in vitro*. *Bioma* 12(2); 85 – 90.s
- Novita, E., A. Arunggi, G. Hermawan, dan S. P. Wahyuningsih. 2019. Studi Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pembuatan Tempe. *Jurnal Agroteknologi*, 13(01), 16–24.

- Nurlaeny. N. 2015. Bahan Organik Tanah dan Dinamika Ketersediaan Unsur Hara Tanaman. Bandung; Unpadpress.
- Ortiz-espin. A., A. Sánchez-Guerrero, F. Sevilla, dan Jiménez. 2017. The Role of Ascorbate in Plant Growth and Development dalam Ascorbic Acid in Plant Growth, Development and Stress Tolerance. *Springer International Publishing*.
- Osmolovskaya. N., V. V. Dung, dan L. Kuchaeva. 2018. The role of organic acids in heavy metal tolerance in plants. *Biological cumminications*. 63(1); 9 – 16.
- Pandey, N., G. C. Pathak, D. K. Pandey, dan R. Pandey. 2009. Heavy metals, Co, Ni, Cu, Zn and Cd, produce oxidative damage and evoke differential antioxidant responses in spinach. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 21(2), 103–111.
- Patadungan. A., H. S. Syamsidar, dan Aisyah. 2014. Fitoremediasi tanaman akar wangi (*Vetiver zizanioides*) terhadap tanah tercemar logam kadium (Cd) pada lahan TPA Tamangapa Antang Makassar. *Jurnal Al – kimia*. 4(2); 8 – 21.
- Pivetz, B. 2001. Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites. *EPA Ground Water Issue*, 1–36.
- Putri, M. P., dan Y. H. Setiawati. 2015. Analisis Kadar Vitamin C Pada Buah Nanas Segar (*Ananas comosus* (L.) Merr) dan Buah Nanas Kaleng Dengan Metode Spektrofotometri UV_VIS. *Jurnal Wiyata*, 2(1), 34–38.
- Puspadewi, R., R. Anugrah, dan D. Sabila. 2017. kemampuan *Aspergillus wentii* dalam menghasilkan asam sitrat. *Kartika Jurnal Ilmiah Farmasi*, 5(1), 15–20.
- Suryadi. M., dan G. J. Kusuma. 2019. Pengelolaan air asam tambang dari dinding bekas penambangan sebagai alternatif penanggulangan pencemaran lingkungan; studi kasus tambang batu hijau, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal sosioteknologi* 18(3).
- Puspa. D., R. Anugrah, dan D. Sabila. 2017. Kemampuan aspergilus wenti dalam menghasilkan asam sitrat. *Jurnal ilmiah farmasi*. 5(1); 15 – 20.
- Putri. M. P. Dan Y. H. Setiawati. 2015. Analisis kadar vitamin C pada buah nanas segar dan buah nanas kalengan dengan metode spektrofotometri Uv – Vis. *jurnal Wiyata*. 2(1); 34 – 38.
- Racchi, M. L. 2013. Antioxidant defenses in plants with attention to prunus and citrus spp. *Antioxidants*, 2(4), 340–369.
- Rosmiar. L, W. Ningsih, N. P. Ayu, dan H. Nanda. 2018. Penentuan kadar vitamin C beberapa jenis cabai (*capsicum sp.*) dengan metode spektrofotometri uv – vis. *jurnal kimia*. 3(1).

- Rosdiyah, K., Taufiq, R., dan Ridhana, F. 2018. Aktivitas antioksidan ekstrak metanol daun purun tikus (*Eleocharis dulcis*). *Jurnal kimia dan pendidikan kimia*. 3(3); 135 – 140.
- Said. N. I. 2014. Teknologi pengolahan air asam tambang batubara “alternatif pemilihan teknologi. *JA*. 7(2); 119 – 139.
- Setyaningsih. L, Y. Setiadi, D. Sopandie, dan S. W. Budi. 2012. Organic Acid Characteristics and Tolerance of Sengon (*Paraserianthes falcataria L Nielsen*) to Lead. *JMHT*. XVIII, (3): 177-183.
- Setiawan, E. 2016. Umbi non Spesifik Madura (2): Etnobotani Tekkay (*Eleocharis dulcis*) pada Ekosistem Sawah Rawa sebagai Bahan Pangan di Pulau Madura. *jurnal ilmiah rekayasa*. 9(2); 116 – 126.
- Setiawan, A. B. 2018. Bioflora marga *Eleocharis* (*Cyperaceae*) di pulau madura. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setiawan, A. B. dan Nunik, S. A. 2018. Ciri anatomi untuk identifikasi jenis – jenis *Eleocharis* (*Cyperaceae*) pulau madura. *Floburinda*. 5(8); 291 – 298.
- Singh. S., P. Parihar, R. Singh. V. P. Singh. 2015. Heavy Metal Tolerance in Plants: Role of Transcriptomics, Proteomics, Metabolomics, and Ionomics. *Frointer in plant science*. 6(1143).
- Sumarsih. Y. S. E. 2016. The effect of soil moisture content and animal manure application on the growth of mendong (*fimbristylis globulosa* (Retz.) Kunt). *Journal trop soils*. 22(2); 107 – 112.
- Suryanto. H., Y. S. Irawan, E. Marsyaho, dan R. Soenoko. 2013. Karakteristik serat mendong (*Fimbristylis globulosa*): upaya menggali potensi sebagai penguat komposit matriks polimer. *National confernce green technology 3*.
- Suryanto. H., S. Solichin, dan U. Yanuar. 2016. Natural Cellulose Fiber from Mendong Grass (*Fimbristylis globulosa*).
- Susilo. A, Suryanto, S. Sugiarto, dan R. Maharani. 2010. *Status reklamasi bekas tambang batu bara*. Samarinda; Balai besar penelitian dipterokarpa.
- Smirnoff, N., dan L. Wheeler. 2000. Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2000, 35(4): 291-314.
- SNI 06-6989.4-2004. 2004. Air dan limbah – bagian 4: Cara uji besi (Fe) dengan menggunakan Spektrofotometri serapan atom (SSA)-Nyala. Badan Standarisasi Nasional

- SNI 06-6989.5-2004. Air dan Limbah – Bagian 5 : cara uji mangan (Mn) dengan menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA)-nyala. Badan Standarisasi Nasional
- Soerjani M, Kostermans AJGH, Tjitrosoepomo G. 1987. *Weeds of Rice in Indonesia*. Jakarta (ID): Balai Pustaka.
- Soepandi. D. 2013. Fisiologi tanaman terhadap cekaman abiotik pada agroekosistem. Bogor; IPBpress.
- Sharma, P., A. B. Jha, R. S. Dubey, dan M. Pessarakli. 2012. Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. *Journal of Botany*, 2012, 1–26.
- Toppi. L. S. dan R. Gabrielli. 1999. Response to cadmium in higher plants. *Environmental and experimental botany*. 41; 105 – 130.
- Tripathi, P. P. A.K. 2014. Impact of heavy metals on morphological and biochemical parameters of *Shorea robusta* plant. *Ekológia (Bratislava)*. 33(2); 116 – 126.
- United States Departement Of Agriculture (USDA). Natural resources conservation service. *Eleocharis dulcis* (Burm.f.) Trin. ex Hensch [online]. Available : <https://plants.usda.gov/core/profile?symbol=FIGL>, accessed on September 2020.
- Wahwakhi. S., F. Iranawati, dan D. C. Pratiwi. Teknologi fitoremediasi *Avecennia alba* dalam upaya mengurangi timbal di kelurahan wonorejo, surabaya. *Seminar nasional perikanan dan kelautan V*.
- Widyawati, P. S. 2002. Pengaruh parakuat terhadap produksi hidrogen peroksida secara fotokimia dalam kloroplas daun bayam (*Spinacia oleraceae* L.) *Agritech*. 22(1); 26-29.
- Widyati. 2009. Kajian fitoremediasi sebagai salah satu upuaya menurunkan akumulasi logam akibat air asam tambang pada lahan bekas tambang batubara. *Jurnal tekno gutan tanaman*. 2(2); 67 – 75.
- Wójcik, M., E. Skórzyńska-Polit, dan A. Tukiendorf. 2006. Organic acids accumulation and antioxidant enzyme activities in *Thlaspi caerulescens* under Zn and Cd stress. *Plant Growth Regulation*, 48(2), 145–155.
- Yu. L., J. Yan, S. Guo, dan W. Zhu. 2011. Aluminum-induced secretion of organic acid by cowpea (*Vigna unguiculata* L.) roots. *Scientia Horticulturae* 135; 52–58.
- Zhang. Y. 2013. *Ascorbic acid in plants; Bioynthesis, regulation and enchancement*. New York; Springer.

Zulkoni, A., D. Rahyuni, and N. Nasirudin. 2018. Pengaruh pemangkasan akar jati dan inokulasi jamur mikoriza arbuskula terhadap fitoremediasi tanah tercemar merkuri di kokap kulonprogo Yogyakarta. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 24(1).