

## Studi Literatur Jenis Tanaman Pengelola Air Asam Tambang Batubara Dengan Cara Fitoremediasi Pada Sistem Lahan Basah Buatan

Asri Fridtriyanda<sup>1</sup>, Heru Dwiriawan Sutoyo<sup>1</sup>, Dwi Herniti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Yogyakarta

Korespondensi : asri.frid@ity.ac.id

### ABSTRAK

Kegiatan penambangan batubara memberikan dampak terhadap perubahan kualitas air salah satunya adalah air asam tambang. Air asam tambang merupakan air limbah dari proses kegiatan penambangan batubara akibat dari mineral sulfida yang teroksidasi dan menghasilkan nilai pH yang rendah. Untuk menjamin perlindungan dan pengolahan lingkungan hidup maka air asam tambang wajib diolah terlebih dahulu sebelum dilepas kembali ke media lingkungan. Salah satu standar teknologi pengolahan air asam tambang yaitu menggunakan lahan basah dengan cara fitoremediasi. Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar seperti logam berat. Fitoremediasi memanfaatkan jenis tanaman yang mampu menyerap logam berat dan tahan terhadap pH asam. Tanaman yang dianggap mampu dalam menyerap logam berat adalah eceng gondok, purun tikus, ekor kucing (*thypa*) dan kayu apu. Jenis-jenis tanaman tersebut mempunyai nilai keefektifan dan ketahanan tumbuh tanaman ketika menyerap kandungan logam pada air asam tambang. Metode penelitian yang digunakan yaitu Studi Literatur. Studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat serta mengolah bahan penelitian. Pada penelitian ini, dilakukan beberapa pengumpulan data berupa tesis dan jurnal sebagai bahan review. Sebagai fokus pengamatan pada penelitian studi literatur maka ditinjau beberapa parameter yaitu efektivitas waktu pengolahan kualitas air (pH, Fe dan Mn) dan ketahanan hidup tanaman. Berdasarkan analisis studi literatur pada beberapa penelitian menunjukkan bahwa tanaman yang efektif dalam mengelola air asam tambang dan mampu bertahan pada air asam tambang adalah jenis tanaman Ekor Kucing (*Typha Angustifolia*).

Kata kunci: air asam tambang, lahan basah buatan, fitoremediasi

### ABSTRACT

*Coal mining activities have an impact on changes in water quality, one of which is acid mine drainage. Acid mine water is waste water from coal mining activities as a result of oxidized sulfide minerals and produces a low pH value. To ensure the protection and treatment of the environment, acid mine drainage must be treated first before being released back into the environmental media. One of the technology standards for acid mine water treatment is using wetlands by means of phytoremediation. Phytoremediation is the use of plants to remove, move, stabilize or destroy contaminants such as heavy metals. Phytoremediation utilizes plant species that are able to absorb heavy metals and are resistant to acidic pH. Plants that are considered capable of absorbing heavy metals are eceng gondok, purun tikus, ekor kucing (*thypa*) and kayu apu. These types of plants have the value of effectiveness and resistance to plant growth when absorbing metal content in acid mine drainage. The research method used is Literature Study. Literature study is a series of activities related to the methods of collecting library data, reading and taking notes and processing research materials. In this study, several data collections were carried out in the form of theses and journals as review material. As the focus of observation in the literature study, several parameters were reviewed, namely the effectiveness of water quality treatment time (pH, Fe and Mn) and plant survival. Based on the analysis of literature studies in several studies, it shows that the plant that is effective in managing acid mine drainage and able to survive in acid mine water is the ekor kucing (*Typha Angustifolia* plant).*

Keyword : acid mine drainage, wetland, phytoremediation

## 1. PENDAHULUAN

Air asam tambang merupakan air limbah dari proses kegiatan penambangan batubara akibat dari mineral sulfida yang teroksidasi dan menghasilkan nilai pH yang rendah. Untuk menjamin perlindungan dan Pengolahan lingkungan hidup maka air asam tambang wajib diolah terlebih dahulu sebelum dilepas kembali ke media lingkungan. Dalam standar teknologi pengolahan air asam tambang harus menyesuaikan dengan batasan tertentu yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup 113 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Pertambangan Batubara Lampiran I, pada baku mutu air parameter derajat keasaman (pH) adalah 6-9. Untuk mencapai nilai baku mutu maka diperlukan suatu teknologi pengolahan air limbah, salah satunya lahan basah buatan. Lahan basah buatan adalah ekosistem yang didesain khusus untuk memurnikan air tercemar dengan mengoptimalkan proses fisika dan biokimia yang melibatkan tanaman, mikroba dan tanah yang tergenang air. Salah satu cara yang digunakan yaitu Fitoremediasi. Fitoremediasi adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik dengan menggunakan media tanam yang dapat mengubah zat kontaminan.

Fitoremediasi memanfaatkan jenis tanaman yang mampu menyerap logam berat dan tahan terhadap pH asam. Jenis tanaman yang digunakan sebagai fitoremediasi yaitu eceng gondok, purun tikus, ekor kucing (typha) dan kayu apu. Jenis-jenis tanaman tersebut mempunyai nilai keefektifan dan ketahanan tumbuh tanaman ketika mereduksi kandungan logam pada air asam tambang.

Penelitian ini bertujuan untuk meninjau beberapa parameter meliputi pengelolaan kualitas air (pH, Fe dan Mn) dan ketahanan hidup tanaman pada air asam tambang. Peninjauan tersebut berdasarkan studi literatur dari penelitian terdahulu yang serupa.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu Studi Literatur. Studi Literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengolah bahan penelitian (Zed, 2008:3 dalam Eka Diah 2015). Pada penelitian ini, dilakukan beberapa pengumpulan penelitian berupa tesis dan jurnal sebagai bahan *review*. Adapun beberapa penelitian terdahulu yang digunakan yaitu :

Nama	Tahun	Jenis Penelitian	Judul Penelitian
Asri Fridriyanda	2019	Tesis	Analisis Pengolahan Kualitas Air Pada Lubang Bekas Tambang ( <i>Void</i> ) Menggunakan Tanaman Eceng Gondok ( <i>Eichornia Crassipes</i> ) Kombinasi Substrat Organik Di PT. Prolindo Cipta Nusantara
Apong Sandrawati	2018	Jurnal	Potensi Pemanfaatan Tanaman <i>Thypha sp</i> dan <i>Cyperus sp</i> Dalam Proses Remediasi Air Asam Tambang Dengan Sistem Rawa Buatan
Rahmalia	2020	Jurnal	Penetralan Air Asam Tambang Menggunakan Tumbuhan Purun Tikus ( <i>Eleocharis Dulcis</i> )
Madaniyah	2016	Jurnal	Efektivitas Tanaman Air Dalam Pembersihan Logam Berat Pada Air Asam Tambang

Acuan penelitian berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup 113 Tahun 2003 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Pertambangan Batubara Lampiran I, pada baku mutu air parameter derajat keasaman (pH) adalah 6-9. Selain itu acuan penelitian berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2022 Tentang Pengolahan Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pertambangan Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan (LBB). Pada penelitian ini ada beberapa parameter yang akan ditinjau, yaitu :

- Efektivitas Waktu Pengolahan Kualitas Air (pH, Fe dan Mn)
- Ketahanan Hidup Tanaman

Kedua parameter tersebut yang akan menjadi fokus penelitian.

## 3. HASIL DAN ANALISIS

### 3.1 Efektivitas Pengolahan Kualitas Air

Pengamatan efektivitas pengolahan air pada parameter pH, Fe dan Mn. Pengamatan tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai penurunan kandungan logam dan peningkatan pH disetiap variasi perlakuan.

#### a. Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

Eceng Gondok berfungsi sebagai sistem filtrasi biologi maupun menyerap logam berat seperti merkuri, timah, kadmium maupun nikel. Eceng gondok merupakan jenis tumbuhan air yang mampu menyerap bahan pencemar logam dan mengakumulasi logam pada akar, batang dan daun (Kirkby dan Mengel 1987 dalam Rosyidah 2017). Berdasarkan dari penelitian terdahulu pada uji coba Pengolahan air asam tambang dengan menggunakan tanaman Eceng Gondok didapatkan data sebagai berikut :

**Tabel 1** Hasil Pengelolaan Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)

Parameter	Waktu Pengamatan	Hasil Pengolahan		Baku Mutu
		Sebelum Pengolahan	Setelah Pengolahan	
pH	4 HSP	3,03	6,01	6-9
Fe	4 HSP	5,858 mg/l	0,033 mg/l	7 mg/l
Mn	8 HSP	6,973 mg/l	1,914 mg/l	4 mg/l

Sumber : Asri, 2019

Keterangan :

HSP = Hari Setelah Pengelolaan

Berdasarkan data diatas menunjukkan bahwa nilai Mn memiliki nilai yang tinggi, sehingga mempengaruhi nilai derajat keasaman (pH). Nilai tersebut tidak sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan. Setelah dilakukan Pengolahan dengan menggunakan tanaman Eceng Gondok menunjukkan perubahan pada parameter pH, Fe dan Mn. Pada parameter pH menunjukkan bahwa perubahan nilai sesuai dengan baku mutu terjadi pada waktu 4 HSP dari 3,03 menjadi 6,01. Pada parameter Fe menunjukkan bahwa perubahan nilai terjadi pada 4 HSP dari 5,858 mg/l menjadi 0,033 mg/l. Namun pada parameter Mn menunjukkan perubahan yang lebih lama yaitu 8 HSP dari 6,973 mg/l menjadi 1,914 mg/l.

**b. Ekor Kucing (*Typha Angustifolia*)**

Ekor kucing atau *Typha Angustifolia* adalah tumbuhan air yang mampu meremediasi tanah dan air terkontaminasi. Tanaman *Typha* dapat mengakumulasi besi (Fe) dari AAT. *Typha* memiliki kemampuan dalam penyerapan logam berat Cr, Hg dan Pb lebih banyak dari pada eceng gondok dan kiambang karena memiliki berat kering lebih besar (Irhanni dkk, 2018 dalam Akhmad Habibullah 2021). Berdasarkan dari penelitian terdahulu, tanaman ekor kucing atau typha mampu mereduksi logam berat dan menetralkan air asam tambang. Berikut data uji coba Pengolahan air asam tambang menggunakan tanaman ekor kucing. Berdasarkan dari penelitian terdahulu pada uji coba Pengolahan air asam tambang dengan menggunakan tanaman Ekor Kucing didapatkan data sebagai berikut :

**Tabel 2** Hasil Pengelolaan Menggunakan Tanaman Ekor Kucing (*Typha Angustifolia*)

Parameter	Waktu Pengamatan	Hasil Pengelolaan		Baku Mutu
		Sebelum Pengolahan	Setelah Pengolahan	
pH	4 HSP	3,12	6,34	6-9
Fe	0 HSP	7,86 mg/l	1,29 mg/l	7 mg/l
Mn	2 HSP	4,11 mg/l	2,68 mg/l	4 mg/l

Sumber : Apong, 2018

HSP = Hari Setelah Pengelolaan

Berdasarkan data diatas menunjukkan parameter Fe memiliki nilai yang tinggi sehingga mempengaruhi nilai derajat keasaman (pH). Setelah dilakukan Pengolahan menggunakan tanaman ekor kucing nilai Fe mengalami penurunan dari 7,86mg/l menjadi 1,29 mg/l pada hari ke 0. Pada parameter pH mengalami kenaikan dari 3,12 menjadi 6,34 pada hari ke-4.

**c. Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*)**

Purun tikus merupakan gulma yang tumbuh dan berkembang di lahan rawa pasang surut yang berlumpur. Purun tikus memiliki beberapa kemampuan sehingga dapat digunakan sebagai salah satu tanaman hiperakumulator dengan kegunaan untuk perbaikan kualitas air (Indrayati, 2011 dalam Belami L) Purun tikus dapat digunakan dimanfaatkan sebagai biofilter untuk memperbaiki kualitas air pada musim kemarau dengan menyerap senyawa toksik terlarut seperti Fe (Indrayati, 2011 dalam Belami, L). Berdasarkan dari penelitian terdahulu pada uji coba Pengolahan air asam tambang dengan menggunakan tanaman Purun Tikus didapatkan data sebagai berikut :

**Tabel 3** Hasil Pengelolaan Menggunakan Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*)

Parameter	Waktu Pengamatan	Hasil Pengolahan		Baku Mutu
		Sebelum Pengolahan	Setelah Pengolahan	

pH	10 HSP	3,68	6,56	6-9
Fe	1 HSP	0,21 mg/l	0,066 mg/l	7 mg/l
Mn	1 HSP	2,18 mg/l	1,29 mg/l	4 mg/l

Sumber : Rahmalia, 2020

Keterangan :

HSP = Hari Setelah Pengelolaan

Berdasarkan data diatas menunjukkan parameter pH tidak sesuai baku mutu. Namun setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan tanaman purun tikus nilai pH meningkat dari 3,68 menjadi 6,56 pada hari ke-10. Pada parameter Fe dan Mn sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan namun menunjukkan perubahan penurunan nilai Fe dan Mn dari hari pertama.

#### d. Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*)

Tanaman kayu apu termasuk *floating aquatic plant* seperti tanaman eceng gondok. Akar tanaman berupa akar serabut, terjurai pada lapisan atas perairan dan sangat potensial untuk menyerap bahan-bahan yang terlarut pada bagian tersebut (Yusuf, 2001 dalam Madaniyah 2015). Berdasarkan dari penelitian terdahulu pada uji coba Pengolahan air asam tambang dengan menggunakan tanaman Kayu Apu didapatkan data sebagai berikut :

**Tabel 4** Hasil Pengelolaan Menggunakan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*)

Parameter	Waktu Pengamatan	Hasil Pengolahan		Baku Mutu
		Sebelum Pengolahan	Setelah Pengolahan	
pH	3 HSP	5,4	6,5	6-9
Fe	3 HSP	10,00 mg/l	6,5 mg/l	7 mg/l
Mn	3 HSP	8,75 mg/l	2,0 mg/l	4 mg/l

Sumber : Madaniyah, 2015

Keterangan :

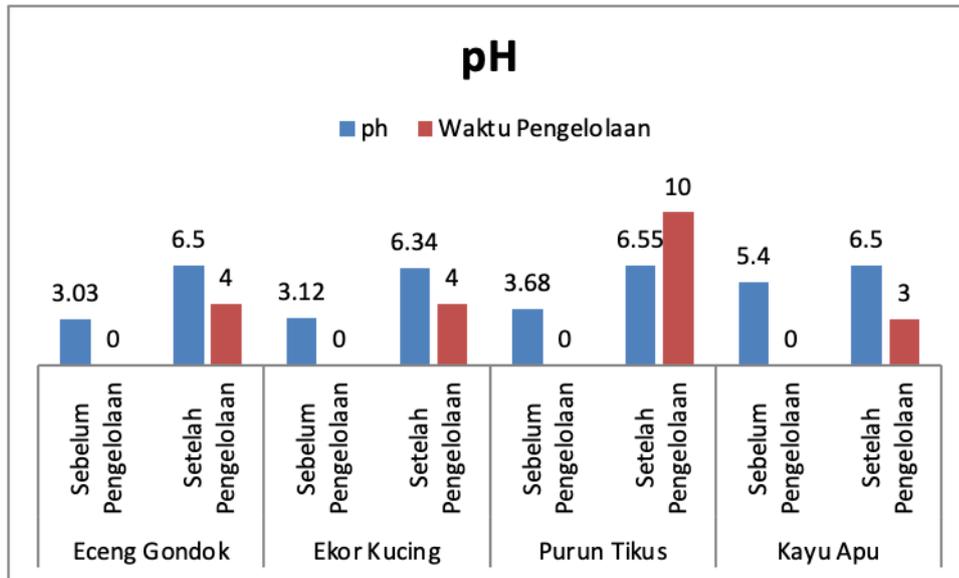
HSP = Hari Setelah Pengelolaan

Berdasarkan data diatas menunjukkan bahwa nilai Mn dan Fe memiliki nilai yang tinggi, sehingga mempengaruhi nilai derajat keasaman (pH). Nilai tersebut tidak sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan. Setelah dilakukan Pengolahan dengan menggunakan tanaman kayu apu nilai pH mengalami kenaikan dan mencapai nilai baku mutu. Pada parameter Mn mengalami penurunan dari 8,75 mg/l menjadi 2,0 mg/l dan mencapai baku mutu pada hari ke-3.

Berdasarkan review penelitian terdahulu menunjukkan ada perbedaan efektivitas dari segi waktu peningkatan nilai derajat keasamaan (pH) dan penurunan logam berat (Fe dan Mn). Perbedaan tersebut dapat dilihat pada grafik dibawah ini :

#### a. Derajat Keasaman (pH)

Berdasarkan studi literatur dari penelitian terdahulu dapat dirangkum efektivitas waktu pengelolaan kualitas air pada parameter pH sebagai berikut :



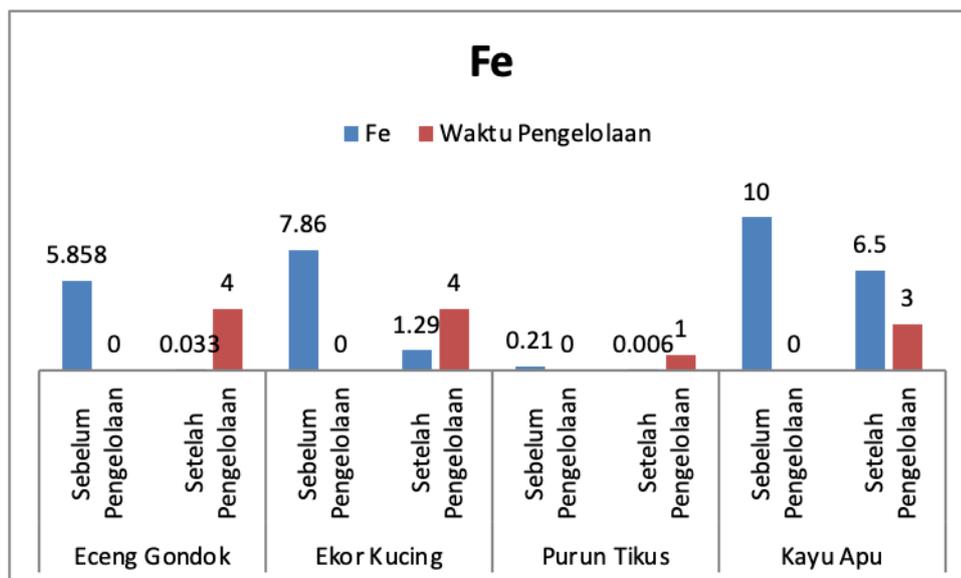
**Gambar 1** Efektivitas Waktu Pengolahan Pada Parameter pH

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa tanaman eceng gondok dan ekor kucing lebih efektif dalam mengelola derajat keasaman (pH) air asam tambang. Nilai pH pada tanaman eceng gondok menunjukkan perubahan ph dari 3,03 menjadi 6,5 dalam waktu 4 Hari Setelah Pengelolaan (HSP). Sedangkan pada tanaman ekor kucing nilai pH awal 3,12 berubah menjadi 6,34 dalam waktu 4 Hari Setelah Pengelolaan (HSP).

Pada jenis tanaman purun tikus menunjukkan perubahan pH mencapai baku mutu, namun waktu pengelolaan terhitung lebih lama yaitu 10 Hari Setelah Pengelolaan (HSP). Sedangkan pada tanaman kayu apu perubahan nilai pH mencapai baku mutu dalam waktu 3 Hari Setelah Pengelolaan (HSP), perubahan tersebut cepat terjadi karena nilai pH yang tidak terlalu asam yaitu 5,4.

#### b. Fe

Berdasarkan studi literatur dari penelitian terdahulu dapat dirangkum efektivitas waktu pengelolaan kualitas air pada parameter Fe sebagai berikut :



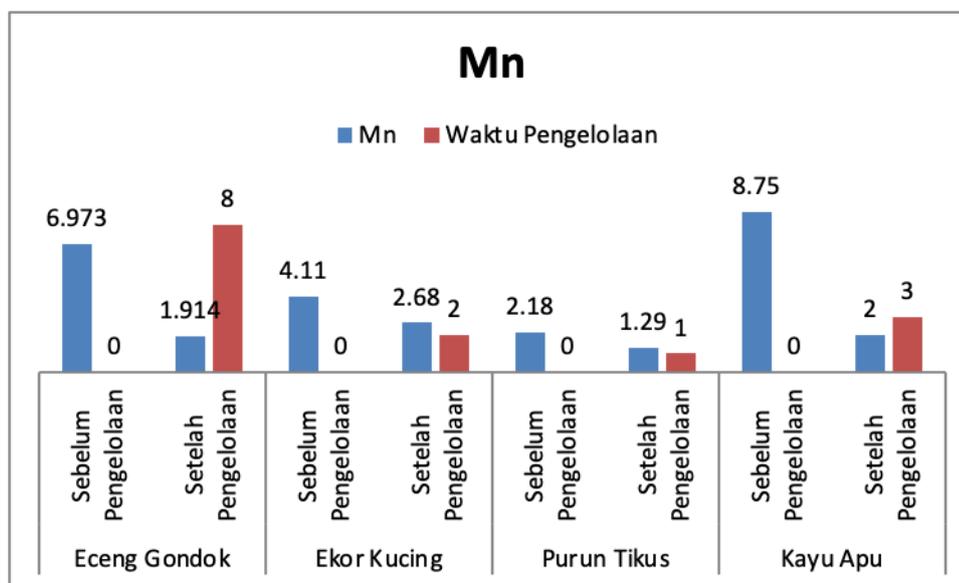
**Gambar 2** Efektivitas Waktu Pengolahan Pada Parameter Fe

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa tanaman ekor kucing dan eceng gondok lebih efektif dalam menyerap logam berat (Fe) dibandingkan jenis tanaman lain. Tanaman ekor kucing menyerap logam berat Fe

dalam kurun waktu 4 Hari Setelah Pengelolaan dari nilai Fe 7,86mg/l menjadi 1,29 mg/l. Sedangkan pada jenis tanaman eceng gondok mampu menyerap logam berat Fe dari nilai 5,858 menjadi 0,033 dalam kurun waktu 4 Hari Setelah Pengelolaan (HSP).

### c. Mn

Berdasarkan studi literatur dari penelitian terdahulu dapat dirangkum efektivitas waktu pengelolaan kualitas air pada parameter Fe sebagai berikut :



**Gambar 3** Efektivitas Waktu Pengolahan Pada Parameter Mn

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa jenis tanaman yang efektif menyerap logam berat Mn yaitu tanaman ekor kucing dan tanaman kayu apu. Tanaman ekor kucing mampu mengubah nilai Mn dari 4,11 mg/l menjadi 2,68 mg/l dalam kurun waktu 2 Hari Setelah Pengelolaan (HSP). Sedangkan pada tanaman kayu apu mampu mengubah nilai Mn dari 8,75 mg/l menjadi 2,0 mg/l dalam kurun waktu 3 Hari Setelah Pengelolaan (HSP).

Dari analisis diatas menyimpulkan bahwa tanaman yang efektif dalam mengelola kualitas air asam tambang menggunakan jenis tanaman Ekor Kucing (*Typha Angustifolia*) ditinjau dari segi waktu dalam mengelola pH, Fe dan Mn.

## 3.2 Ketahanan Hidup Tanaman

Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi, tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi. Proses remediasi polutan pada air terjadi karena jenis tanaman tertentu dapat melepaskan zat carriers, yang biasanya berupa senyawa kelat, protein, glukosida yang berfungsi mengikat zat polutan tertentu kemudian dikumpulkan di jaringan tanaman, misalnya pada daun atau akar (Fahrizal, 2004 dalam Madaniyah, 2015).

### a. Eceng Gondok

Kondisi ketahanan hidup eceng gondok pada air asam tambang menunjukkan adanya kematian pada hari ke-16 pengamatan, hal ini disebabkan tanaman memiliki batas toleransi terhadap logam berat Fe dan Mn yang diserap dan pertumbuhan tanaman eceng gondok menjadi lebih kerdil.

### b. Ekor Kucing (*Typha Angustifolia*)

Tanaman typha menunjukkan kondisi yang lebih baik selama pertumbuhannya dan lebih tahan terhadap genangan air yang tinggi.

### c. Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*)

Tanaman purun tikus memiliki mikroba rhizosfera disekitar akar yang dapat mengurai Fe dan Mn, juga disebabkan karena tanaman purun tikus memiliki kandungan senyawa fenolik, pada bagian dinding sel akar dan batang sehingga membuat purun tikus mempunyai toleransi lebih tinggi terhadap Fe.

### d. Kayu Apu

*Studi Literatur Jenis Tanaman Pengelola Air Asam Tambang Batubara dengan cara Fitoremediasi pada Sistem Lahan Basah Buatan (Asri Fridriyanda)*

Keadaan tanaman pada saat pengujian daun berangsur-angsur segar, namun akar masih terlihat menghitam pada bagian ujung-ujungnya namun tidak mengalami kerontokan pada daun.

Dari analisis diatas menunjukkan bahwa jenis tanaman ekor kucing (*Typha Angustifolia*) memiliki ketahanan hidup pada air limbah asam tambang dibandingkan jenis tanaman yang lain.

#### 4. KESIMPULAN

Fitoremediasi adalah salah satu bentuk upaya dalam meremediasi air yang tercemar seperti limbah air asam tambang dari kegiatan penambangan batubara. Fitoremediasi memanfaatkan tanaman sebagai media reduksi logam berat dan menetralkan air asam tambang. Dari penjabaran diatas menyimpulkan bahwa tanaman yang efektif dalam mengelola kualitas air asam tambang menggunakan jenis tanaman Ekor Kucing (*Typha Angustifolia*) yang ditinjau dari segi waktu dalam mengelola pH, Fe dan Mn dan ketahanan hidup tanaman.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ucapkan terimakasih kepada Institut Teknologi Yogyakarta yang telah mendukung sehingga penelitian ini dapat dilakukan dan diselesaikan tepat pada waktunya. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada peneliti terdahulu, yaitu kepada saudara Apong Sandrawati, saudari Rahmalia dan saudari Madaniyah sehingga penulis melakukan penelitian studi literatur.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andrawina, Rika Ernawati. Penerapan Metode *Constructed Wetland* dalam Upaya Pengelolaan Limbah Air Asam Tambang pada Penambangan Batubara, Berdasarkan *Literatur Review*. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XV Tahun 2020 (ReTII)*.
- [2] Apong S, Darmawan. Potensi Penerapan Tanaman *Thypha sp* dan *Cyperus sp* dalam Proses Remediasi Air Asam Tambang dengan Sistem Rawa Buatan. *Soilrens*. Juli 2018. Volume 16.
- [3] Akhmad Habibullah, Noor Khamidah. Pemanfaatan *Typha Angustifolia* Dan Fungi Mikoriza Arbuskular Untuk Fitoremediasi Air Asam Tambang. *Jurnal Teknologi Mineral dan batubara*. Mei 2021. Volume 17 Nomor 2.
- [4] Belami, Indah M Yulianti. Pemanfaatan Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*) Untuk Menurunkan Kadar Merkuri (Hg) Pada Air Bekas Penambangan Emas Rakyat. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- [5] Fachruddin Azwari, Joko Triyono. Fitoremediasi Logam Fe dalam Air Asam Tambang Menggunakan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*). *Buletin LOUPE*. Desember 2019; Vol.15 No. 2
- [6] Madaniyah. Efektivitas Tanaman Air Dalam Pembersihan Logam Berat Pada Air Asam Tambang. Tesis. Institut Pertanian Bogor; 2016.
- [7] Maryana. Fitoremediasi Menggunakan Variasi Kombinasi Tanaman Kiambang (*Salvinia Molesta M*) Dan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes L*) Dalam Menurunkan Besi (Fe) Dengan Sistem Batch. Tugas Akhir. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya; 2020.
- [8] Nopi Stiyati, M. Sadiqul. Pengolahan Air Asam Tambang Menggunakan Sistem Lahan Basah Buatan :Penyisihan Mangan (Mn). *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*. 2015.
- [9] Nurul Hidayah, Tri Retnaningsih. Fitoremediasi Limbah Air Tambang Batubara Menggunakan Eceng Gondok dan Kiapu sebagai Alternative Pengelolaan Lingkungan. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Entrepreneurship V*. 2018.
- [10] Pujawati Suryatmana, Apong. Potensi Bakteri Pereduksi Sulfat dan Jenis Bahan Organik dalam Pengolahan Air ASAM Tambang Menggunakan System Constructed Wetland Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria Zizaniodes L*). *Soilrens*. Desember 2020. Volume 18.
- [11] Rahma Yunus, Nopi Stiyati. Fitoremediasi Fe dan Mn Air Asam Tambang Batubara dengan Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) dan Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*) Pada Sistem LBB di pt. Jbg Kalimantan Selatan. *Jurnal Sainsmat*. Maret 2018. Vol VII No. 1 :Halaman 73-85
- [12] Rahmalia, Handayani. Penetralan Air Asam Tambang Menggunakan Tumbuhan Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*). *Jurnal Pertambangan*. Mei 2020. Volume 4 No. 2