

## **Fitoremediasi Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Limbah Pengolahan Tambang Emas Rakyat di Desa Pancurendang dengan Genjer (*Limnocharis flava*)**

**Firstananda Yustika<sup>1)</sup>, Rr. Dina Asrifah<sup>2a)</sup>, Dian Hudawan Santoso<sup>3)</sup>**

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral,  
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta  
JL. Padjajaran, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283

<sup>a)</sup>Corresponding author: [dina\\_asrifah@upnyk.ac.id](mailto:dina_asrifah@upnyk.ac.id)

### **ABSTRAK**

Pertambangan emas di Desa Pancurendang, Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah termasuk ke dalam pertambangan emas rakyat. Pertambangan emas rakyat secara tradisional dapat menyebabkan dampak negatif yaitu terjadinya pencemaran bagi lingkungan hidup di sekitar area pertambangan karena dalam proses pengolahannya masih menghasilkan air limbah. Air Limbah pengolahan emas di Desa Pancurendang mengandung pengotor berupa logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dengan kandungan melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Hal tersebut berbahaya bagi lingkungan dan masyarakat di sekitar lokasi pengolahan emas. Oleh karena itu, penelitian bertujuan untuk untuk mengurangi kandungan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada air limbah dengan fitoremediasi menggunakan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) sistem *batch* dan menentukan desain pengolahan air limbah Metode analisis menggunakan perhitungan efektivitas penurunan. Penelitian ini menggunakan 3 variasi media yaitu 100% air limbah dengan netralisasi, air limbah dengan netralisasi 5 hari dan 100% air limbah tanpa netralisasi. Hasil uji laboratorium menunjukkan kandungan Besi (Fe) sebesar 866,7 mg/L dan Mangan (Mn) sebesar 206,83 mg/L. Uji coba fitoremediasi dengan sistem *batch* menggunakan tanaman genjer memiliki penyerapan logam Besi (Fe) paling efektif pada sampel tanpa netralisasi dengan nilai efektivitas 99,168%, sedangkan penyerapan logam Mangan (Mn) yang paling efektif pada sampel netralisasi 5 hari dengan nilai efektivitas 68,24%.

**Kata Kunci** : Pertambangan, Emas, Air Limbah Pengolahan Emas, Fitoremediasi, Besi (Fe), Mangan (Mn)

### **ABSTRACT**

*Gold mining in Pancurendang Village, Ajibarang District, Banyumas Regency, Central Java is included in artisanal gold mining. Traditional artisanal gold mining has disadvantages, including the potential for environmental damage because the extraction process still generates wastewater. Gold processing wastewater in Pancurendang Village contains impurities in the form of Iron (Fe) and Manganese (Mn) with a content exceeding the specified quality standard. This is dangerous for the environment and the community around the gold processing site. Therefore, the research aims to reduce the content of Iron (Fe) and Manganese (Mn) in wastewater by phytoremediation using genjer (*Limnocharis flava*) batch system and determine the wastewater treatment design. The analytical method uses the calculation of the effectiveness of reduction. The three types of media used in this study are 100% wastewater with neutralization, 100% wastewater with neutralization for five days, and 100% wastewater without neutralization. According to the results of laboratory tests, the amount of iron (Fe) is 866.7 mg/L and the amount of manganese (Mn) is 206.83 mg/L. Iron (Fe) is best absorbed in samples without neutralization in phytoremediation experiments employing genjer plants, with an effective value of 99.168%, while manganese (Mn) is best absorbed in samples after 5-day neutralization, with an effective value of 68.24%.*

**Keywords** : Mining, Gold, Gold processing wastewater, Phytoremediation, Iron (Fe), Manganese (Mn)

## PENDAHULUAN

Pertambangan merupakan sektor yang strategis. Pertambangan dapat disebut sebagai tulang punggung untuk daerah yang memiliki sumber daya alam berlimpah. Kegiatan pertambangan juga dapat memenuhi kebutuhan sehari-hari masyarakat. Kegiatan pertambangan di Indonesia tersebar di wilayah Indonesia, salah satunya adalah kegiatan pertambangan emas rakyat secara tradisional di Desa Pancurendang, Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah. Pertambangan emas merupakan salah satu mata pencarian masyarakat di Desa Pancurendang untuk memenuhi kehidupan sehari-hari. Pertambangan emas di Desa Pancurendang, Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah termasuk dalam pertambangan emas rakyat. Pertambangan emas rakyat secara umum masih menggunakan cara tradisional, karena belum menggunakan teknologi dan peralatan yang maju. Selain itu, pada pertambangan emas rakyat tidak memenuhi standar dalam kegiatannya. Sehingga pertambangan emas rakyat secara tradisional dapat menyebabkan dampak negatif yaitu terjadinya pencemaran bagi lingkungan hidup sekitar area pertambangan karena dalam proses pengolahannya masih menghasilkan air limbah. Air limbah tersebut nantinya akan meresap ke badan air yang menjadi sumber pencemar bagi lingkungan. Pada tambang emas, terkandung juga mineral-mineral lain dalam batuan hasil penambangan seperti Fe, Mn, Cu, K, dan lain sebagainya (Safitri, 2019). Air limbah yang dihasilkan dari pengolahan emas tambang rakyat di Desa Pancurendang, Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah masih mengandung pengotor berupa logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Sehingga, pada penelitian ini dilakukan penelitian dengan menggunakan parameter logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) karena memiliki kadar tinggi dan memiliki dampak yang besar apabila masuk ke badan air.

Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) merupakan salah satu hasil sampingan proses pengolahan bijih emas, yang apabila kadarnya diatas baku mutu yang telah ditetapkan akan berbahaya bagi lingkungan dan masyarakat di sekitar lokasi pengolahan. Air limbah tersebut dibuang langsung ke badan air sehingga akan mencemari sungai bahkan airtanah pada lingkungan sekitar pertambangan emas rakyat. Dampak yang ditimbulkan oleh logam Besi (Fe) pada lingkungan yaitu kerusakan alat maupun mesin karena terjadi korosi. Selain itu, apabila konsentrasi besi berlebih dari apa yang dibutuhkan oleh tubuh manusia, maka dapat menyebabkan masalah pada Kesehatan seperti kegagalan metabolisme (Effendi dalam Rahmawati, 2018). Sedangkan dampak yang diakibatkan oleh logam Mangan (Mn) apabila masuk ke dalam tubuh dengan jumlah yang banyak yaitu akan menyebabkan gejala susunan syaraf, insomnia, lemah pada kaki dan juga otot muka. Hal tersebut mengakibatkan ekspresi muka menjadi beku (Slamet dalam Febrina, 2014).

Guna mencapai batas standar yang telah ditetapkan, perlu adanya pengolahan air limbah kegiatan pengolahan emas dengan fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*). Baku mutu limbah menggunakan PERDA JATENG No. 5 Tahun 2012. Penggunaan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) pada penelitian ini dikarenakan genjer efektif dalam menurunkan kadar logam berat timbal (Pb), TSS, DO, BOD, COD, sulfat, dan fosfat di perairan yang tercemar oleh limbah (Priyanti, 2013). Pemilihan tanaman genjer dalam penelitian ini juga dikarenakan melihat dari berbagai aspek kondisi lingkungan yaitu seperti tanaman genjer mudah ditemukan pada area persawahan, tanaman genjer mudah hidup, tumbuh dengan cepat serta tahan dari penyakit. Tanaman genjer dapat tumbuh subur pada daerah rawa-rawa baik yang tidak tercemar maupun tercemar (Ishak, 2014). Pada penelitian ini juga dilakukan analisis kadar pH, DO, BOD, dan COD. Parameter tersebut merupakan parameter pendukung dalam penelitian dikarenakan adanya penambahan batang pisang (*Musa paradisiaca*) yang dimanfaatkan untuk menaikkan pH air limbah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air limbah kegiatan pengolahan tambang emas rakyat, menganalisis efektivitas fitoremediasi tanaman genjer (*limnocharis flava*) terhadap parameter Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) serta membuat desain pengolahan air limbah kegiatan pengolahan emas di lokasi penelitian. Adapun manfaat dalam penelitian ini yaitu memberikan informasi kepada instansi dan masyarakat sekitar mengenai arahan pengolahan air limbah pada kegiatan pengolahan tambang emas rakyat serta sebagai informasi dalam penelitian selanjutnya.

## METODE

### Pengumpulan Data

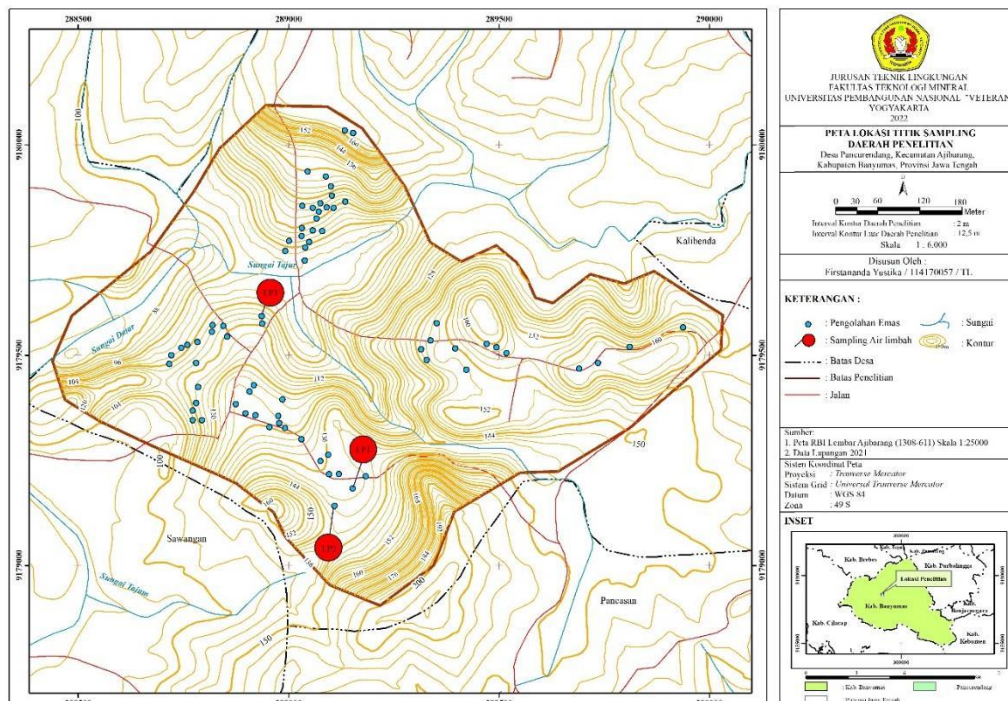
Penelitian yang dilakukan di Desa Pancurendang, Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah menggunakan data primer. Data primer ini didapatkan langsung dari hasil rancangan percobaan dan pengamatan di lapangan. Data kualitas air limbah didapatkan berdasarkan hasil laboratorium yang digunakan untuk menentukan kualitas air limbah pengolahan emas di lokasi penelitian. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah. Parameter dan Baku Mutu yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam **Tabel 1**.

**Tabel 1** Parameter dan Baku Mutu Air Limbah

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	Besi (Fe)	mg/L	5
2	Mangan (Mn)	mg/L	2
3	pH	-	6-9
4	DO	mg/L	-
5	BOD	mg/L	50
6	COD	mg/L	100

### Pengambilan Sampel

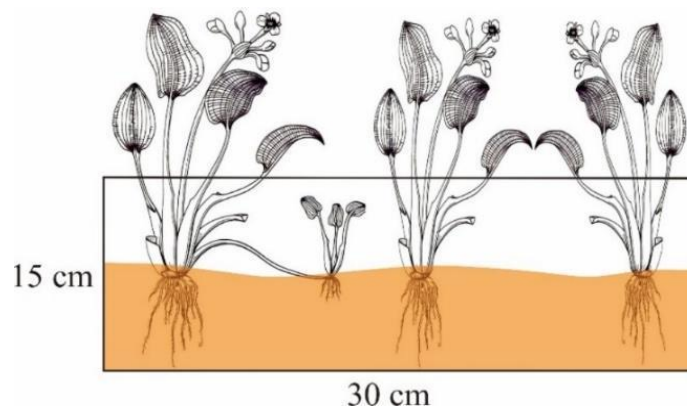
Teknik sampling merupakan pengambilan sampel untuk menentukan sampel yang nantinya akan digunakan dalam penelitian. Teknik sampling dibagi menjadi 2, yaitu *probability sampling* dan *non probability sampling* (Sugiyono, 2015). Teknik pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan *purposive sampling* yang termasuk ke dalam bagian dari *non-probability sampling*. *Purposive sampling* yaitu teknik penarikan sampel dengan mempertimbangkan kepentingan penelitian atau sesuai dengan tujuan yang telah dikehendaki oleh peneliti. Untuk pengambilan sampel air limbah, dilakukan di lokasi pengolahan tambang emas rakyat. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1** Peta Lokasi Titik Sampling Daerah Penelitian

### Rancangan Percobaan

Metode fitoremediasi menggunakan tanaman genjer dengan sistem hidroponik. Fitoremediasi yang dilakukan yaitu dengan menggunakan sistem *batch*. Pengujian tanaman dengan metode fitoremediasi dilakukan dengan rancangan percobaan yaitu berupa variasi dosis media. Namun, jumlah tanaman serta umur tanamannya sama. Rancangan percobaan tersebut berupa 100% air limbah dengan netralisasi, air limbah dengan netralisasi 5 hari dan 100% air limbah tanpa netralisasi. Netralisasi dilakukan dengan menambahkan batang pisang (*Musa paradisiaca*) memiliki potensi untuk dijadikan sumber alkali (Sukeksi, 2017). Waktu tinggal yang direncanakan pada penelitian ini yaitu 8 hari. Tujuan dilakukannya fitoremediasi yaitu untuk mengetahui nilai efektivitas tanaman genjer dalam mereduksi kadar Besi (Fe), Mangan (Mn) yang terdapat di dalam limbah hasil pengolahan tambang emas rakyat.



Gambar 2 Sketsa Container



Gambar 3 Container

Penelitian ini melakukan tahap aklimatisasi sebelum melakukan proses running air limbah kegiatan pengolahan emas. Aklimatisasi dilakukan selama 8 hari dengan meletakkan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) pada media air limbah 0% di rumah kaca UPN “Veteran” Yogyakarta untuk menyesuaikan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) pada lingkungan baru. Proses aklimatisasi yang dilakukan berjalan dengan baik karena tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dapat beradaptasi pada lingkungan yang baru. Hal tersebut dapat diketahui dari kondisi fisik pada tanaman genjer (*Limnocharis flava*) yang masih sehat dan berwarna hijau.



**Gambar 4** Aklimatisasi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*)

Nilai pada efektivitas penurunan Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam air limbah dapat menunjukkan tingkat keberhasilan tanaman genjer dalam menyerap Besi (Fe) dan Mangan (Mn).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kualitas Air Limbah Kegiatan Pengolahan Emas

Air limbah kegiatan pengolahan emas diperoleh dengan melakukan pengambilan 3 sampel air limbah yang berada pada lokasi yang berbeda. Kualitas air limbah tersebut didapatkan dari pengujian kualitas air dengan skala laboratorium. Pengujian kualitas air limbah dilakukan di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) dengan mengacu pada Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012. Parameter air limbah kegiatan pengolahan emas yang dilakukan pengujian diantaranya Besi (Fe), Mangan (Mn), pH, DO, BOD, dan COD. Sampel air limbah diambil dari outlet pengolahan emas sebelum air limbah tersebut memasuki badan air. Kondisi fisik yang terdapat pada air limbah kegiatan pengolahan emas tersebut yaitu memiliki warna keruh kecoklatan dan berbau. Hasil uji kualitas air limbah ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2** Hasil Uji Laboratorium Air Limbah Kegiatan Pengolahan Emas

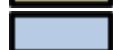
No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengujian
1	Besi (Fe)	mg/L	5	866,7
2	Mangan (Mn)	mg/L	2	206,83
3	pH	-	6-9	2,5
4	DO	mg/L	-	6,2
5	BOD	mg/L	50	37,3
6	COD	mg/L	100	185

Sumber : <sup>(1)</sup> Hasil Laboratorium BBTKLPP, 2021 <sup>(2)</sup> Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah)

Keterangan :



: Tidak sesuai baku mutu



: Tidak tercantum dalam baku mutu

Parameter yang belum memenuhi baku mutu pada Tabel 2 yaitu Besi (Fe), Mangan (Mn), pH, dan COD. Untuk baku mutu pada parameter pendukung DO tidak diatur dalam peraturan yang telah ditetapkan. Logam Besi (Fe) dari hasil laboratorium menunjukkan nilai 866,7 mg/L yang artinya bahwa kadar Besi (Fe) dalam air limbah kegiatan pengolahan emas lebih tinggi dari baku mutu yang

telah ditetapkan pada Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 sebesar 5 mg/L. Untuk parameter Mangan (Mn) juga melebihi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu 2 mg/L dengan hasil laboratorium kadar Mangan (Mn) sebesar 206,83 mg/L. Tingginya kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam air limbah kegiatan pengolahan emas dikarenakan batuan yang dimanfaatkan dalam pengolahan emas tersemankan oleh material yang mengandung Besi (Fe) dan Mangan (Mn). Air limbah juga berwarna kecoklatan dikarenakan adanya oksidasi besi pada air limbah tersebut.

pH yang normal diketahui memiliki nilai diantara 6-9, jika nilai lebih dari 9 dan kurang dari 6, maka perairan dapat dikatakan tercemar oleh zat-zat pembawa asam ataupun basa. Hal tersebut dapat terjadi karena faktor alam maupun aktivitas oleh manusia. Berdasarkan hasil laboratorium dari air limbah kegiatan pengolahan emas memiliki nilai pH 2,5. Menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 untuk parameter pH yaitu sebesar 6-9, sehingga nilai pH tidak sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Nilai pH 2,5 pada air limbah kegiatan pengolahan emas tergolong pH rendah dikarenakan batuan pada lokasi penelitian mengandung mineral sulfida yaitu seperti pirit ( $FeS_2$ ). Kandungan sulfida dalam batuan ini mengakibatkan terbentuknya air asam tambang (AAT). Nilai pH air pada suatu area yang telah terkontaminasi Air Asam Tambang (AAT) akan mengalami penurunan yang sangat tajam karena adanya pengaruh dari Air Asam Tambang (AAT) yang mengalami proses-proses kimia (Ashari dalam Prambudi, 2021). Air asam tambang (AAT) dapat terjadi jika sulfur pada mineral-mineral sulfida bereaksi dengan air ( $H_2O$ ) dan oksigen ( $O_2$ ). Oksidasi mineral sulfida ini menghasilkan asam sulfat dengan tingkat asam yang tinggi serta besi terlarut yang tinggi. Selanjutnya, nilai COD yang tinggi dalam air limbah kegiatan pengolahan emas juga dapat menunjukkan kadar oksigen terlarut yang terkandung kecil, sehingga apabila dibuang ke lingkungan atau badan air dapat membahayakan mikroorganisme akuatik di perairan.

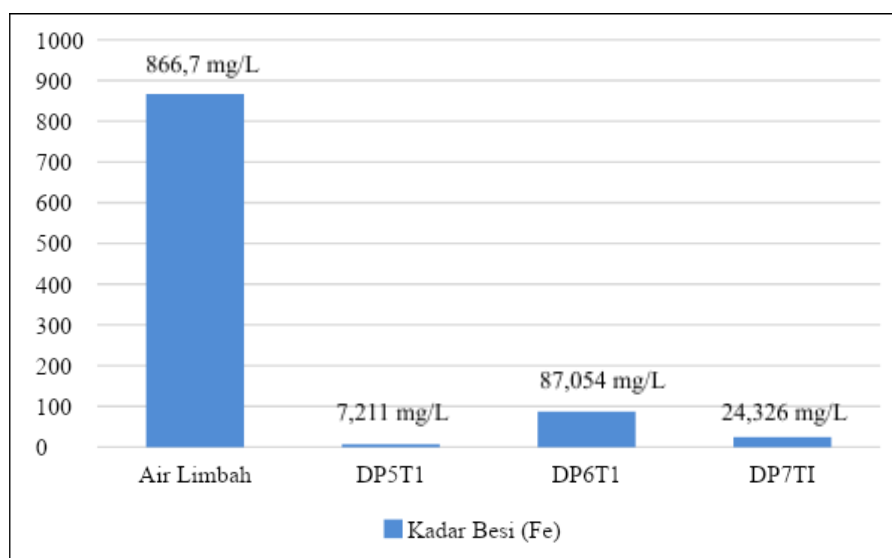
### Efektivitas Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*)

Tabel hasil pengujian pada parameter Besi (Fe) setelah dilakukan fitoremediasi menggunakan sistem *batch* terdapat dalam Tabel 3 sebagai berikut :

**Tabel 3** Perbandingan Kadar Besi (Fe) Sebelum dan Sesudah dilakukan Fitoremediasi

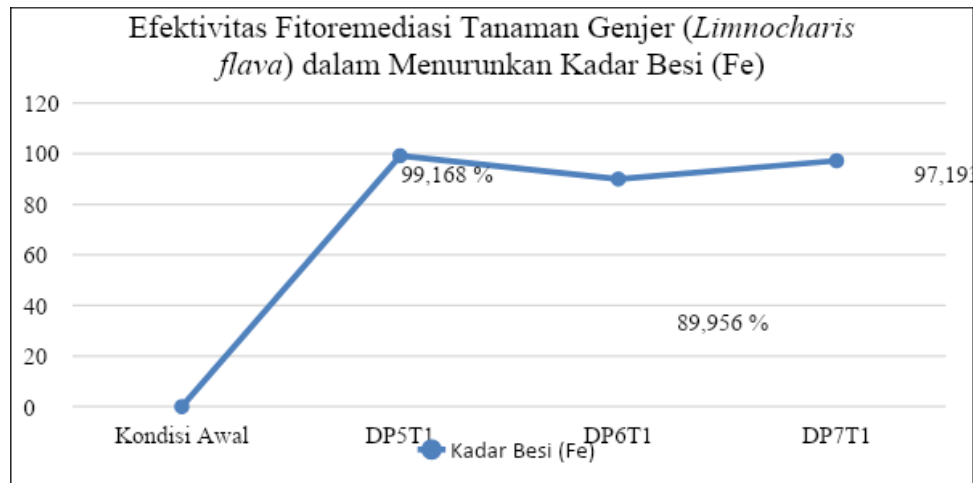
Parameter	Air Limbah	100% air limbah tanpa netralisasi	100% air limbah + netralisasi	100% air limbah + netralisasi 5 hari
Besi (Fe) mg/L	866,7	7,211	87,054	24,326

Sumber :Hasil Laboratorium BBTCLPP, 2021



**Gambar 5** Diagram Kadar Besi (Fe) Sebelum dan Sesudah dilakukan Fitoremediasi

Hasil pengujian kadar Besi (Fe) setelah dilakukan fitoremediasi menunjukkan nilai kadar Besi (Fe) yang terkandung dalam air limbah mengalami penurunan hingga 7,211 mg/L untuk air limbah tanpa dilakukan netralisasi, 87,054 mg/L untuk air limbah dengan netralisasi 100%, 24,326 mg/L untuk air limbah dengan netralisasi 5 hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa fitoremediasi sistem *batch* dapat menurunkan kadar besi (Fe) dalam air limbah selama 8 hari. Gambar 6 menunjukkan efektivitas fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dalam menurunkan kadar besi (Fe).



**Gambar 6** Efektivitas Fitoremediasi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe)

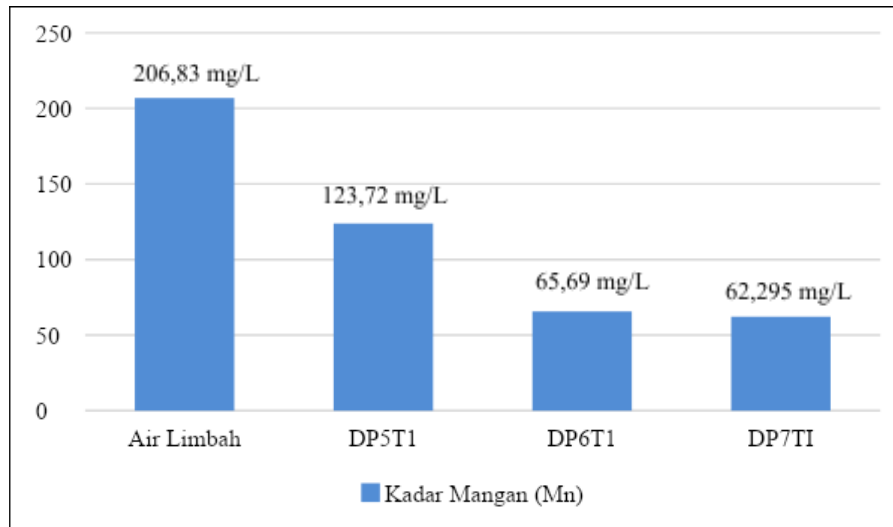
Grafik nilai efektivitas fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dalam menurunkan kadar Besi (Fe) menunjukkan nilai paling efektif yaitu pada air limbah tanpa netralisasi yaitu sebesar 99,168%. Nilai efektivitas fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) tersebut didapatkan karena konsentrasi Besi (Fe) pada air limbah lebih tinggi sebelum dilakukan fitoremediasi. Sehingga, fitoremediasi dengan tanaman genjer ini berhasil dalam menurunkan kadar Besi (Fe) dalam air limbah.

Tabel hasil pengujian pada parameter Mangan (Mn) setelah dilakukan fitoremediasi menggunakan sistem *batch* terdapat dalam Tabel 4 sebagai berikut :

**Tabel 4** Perbandingan Kadar Mangan (Mn) Sebelum dan Sesudah dilakukan Fitoremediasi

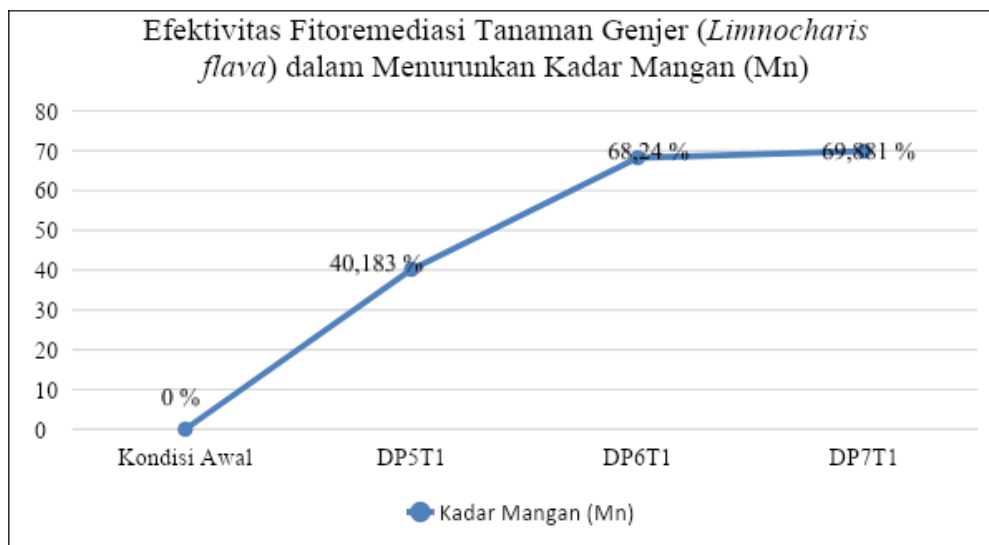
Parameter	Air Limbah	100% air limbah tanpa netralisasi	100% air limbah + netralisasi	100% air limbah + netralisasi 5 hari
Mangan (Mn) mg/L	206,83	123,72	65,69	62,295

Sumber :Hasil Laboratorium BBTCLPP, 2021



**Gambar 7** Diagram Kadar Besi (Fe) Sebelum dan Sesudah dilakukan Fitoremediasi

Hasil pengujian kadar Mangan (Mn) setelah dilakukan fitoremediasi menunjukkan nilai kadar Mangan (Mn) yang terkandung dalam air limbah mengalami penurunan hingga 123,72 mg/L untuk air limbah tanpa dilakukan netralisasi, 65,69 mg/L untuk air limbah dengan netralisasi 100%, 62,295 mg/L untuk air limbah dengan netralisasi 5 hari. Gambar 8 menunjukkan efektivitas fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dalam menurunkan kadar mangan (Mn).



**Gambar 8** Efektivitas Fitoremediasi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) dalam Menurunkan Kadar Mangan (Mn)

Grafik nilai efektivitas fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dalam menurunkan kadar Mangan (Mn) menunjukkan nilai efektivitas pada air limbah yang tidak dilakukan netralisasi yaitu 40,183%, air limbah dengan dengan netralisasi 100% yaitu 68,24% dan nilai efektivitas air limbah dengan netralisasi 5 hari yaitu 69,881%. Nilai efektivitas tersebut menunjukkan bahwa fitoremediasi dengan tanaman genjer berhasil menurunkan kadar mangan (Mn) dalam air limbah.

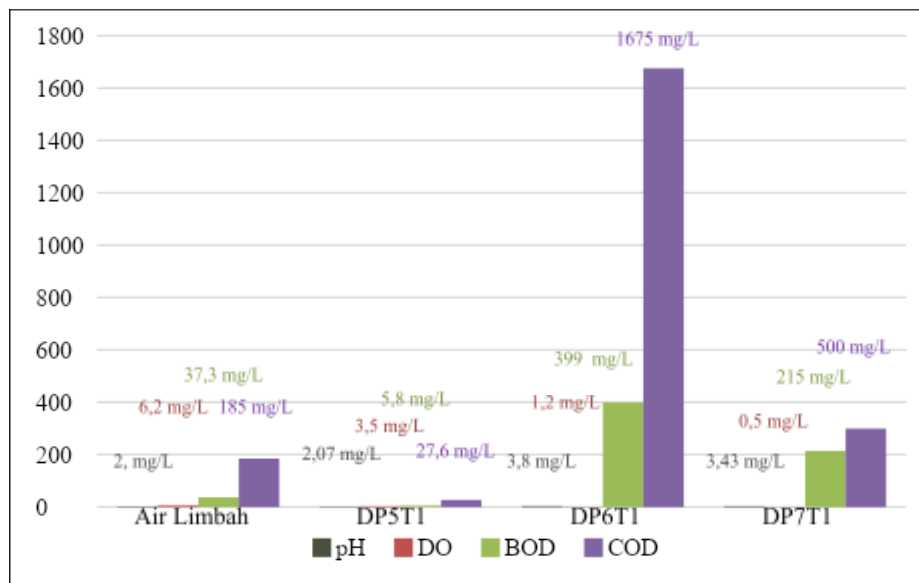
Tabel hasil pengujian pada parameter pH, DO, BOD, COD setelah dilakukan fitoremediasi menggunakan sistem *batch* terdapat dalam Tabel 5 sebagai berikut :



**Tabel 5** Perbandingan Kadar pH, DO, BOD, COD Sebelum dan Sesudah dilakukan Fitoremediasi

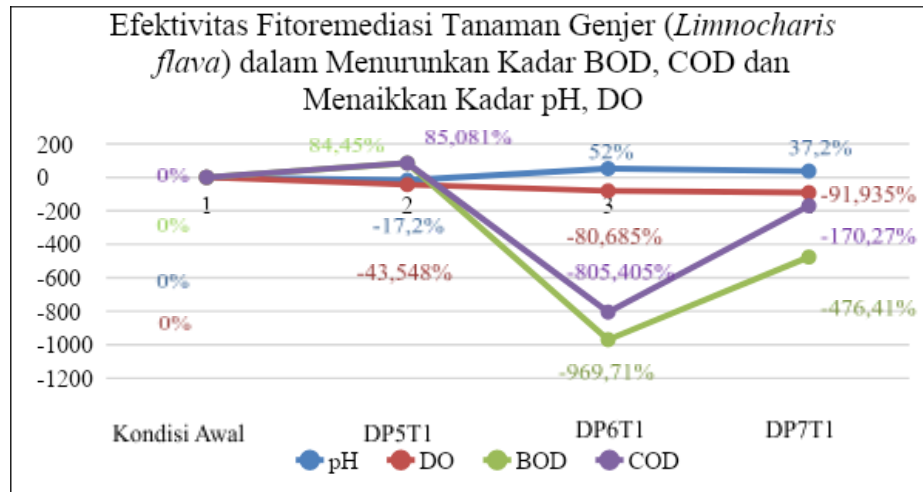
Parameter	Air Limbah	100% air limbah tanpa netralisasi	100% air limbah + netralisasi	100% air limbah + netralisasi 5 hari
Ph	2,5	2,07	3,8	3,43
DO	6,2	3,5	1,2	0,5
BOD	37,3	5,8	399	215
COD	185	27,6	1675	500

Sumber :Hasil Laboratorium BBTCLPP, 2021



**Gambar 9** Diagram Kadar pH, DO, BOD, COD Sebelum dan Sesudah dilakukan Fitoremediasi

Hasil pengujian kadar pH, DO, BOD dan COD setelah dilakukan fitoremediasi menunjukkan nilai kadar pH dengan penambahan batang pisang (*Musa paradisiaca*) dapat menaikkan pH sebesar 3,8 pada air limbah dengan dengan netralisasi 100% dan pH sebesar 3,43 pada air limbah dengan netralisasi 5 hari. Berdasarkan hasil pengujian tersebut juga dapat diketahui bahwa penambahan batang pisang (*Musa paradisiaca*) dalam proses fitoremediasi berpengaruh pada kenaikan BOD dan COD yang dapat berdampak buruk pada badan air apabila dibuang secara langsung. Gambar 10 menunjukkan efektivitas fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dalam menaikkan kadar pH dan DO.



**Gambar 10** Efektivitas Fitoremediasi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) dalam Menurunkan Kadar BOD, COD dan Menaikkan Kadar pH, DO

Grafik nilai efektivitas fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dalam menaikkan pH menunjukkan nilai efektivitas pada air limbah yang tidak dilakukan netralisasi yaitu -17,2%. Penurunan pH setelah dilakukan fitoremediasi tersebut dapat disebabkan karena faktor tumbuhan. Konsentrasi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang terlarut pada air menjadi faktor naik atau turunnya pH. Saat karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) tinggi, otomatis pH air akan menurun. Karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) tersebut berasal dari respirasi tanaman genjer, dimana karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dilepaskan pada malam hari. Sedangkan pada siang hari, tanaman akan berfotosintesis dengan mengeluarkan oksigen ( $\text{O}_2$ ) yang dapat menaikkan pH. Pada saat pengujian sampel, tanaman genjer dimungkinkan tidak melakukan fotosintesis dengan baik. Selanjutnya diketahui bahwa penambahan batang pisang (*Musa paradisiaca*) sebagai media netralisasi air limbah dinilai dapat menaikkan pH dikarenakan nilai efektivitas pada limbah dengan dengan netralisasi 100% yaitu 52% dan nilai efektivitas air limbah dengan netralisasi 5 hari yaitu 37,2%. Hal tersebut membuktikan bahwa penambahan batang pisang (*Musa paradisiaca*) dalam proses fitoremediasi sistem *batch* ini dapat menaikkan pH air limbah. Kenaikan pH dikarenakan getah yang terkandung dalam batang pisang (*Musa paradisiaca*) dapat dijadikan sumber alkali (Suksesi, 2017). Batang pisang (*Musa paradisiaca*) yang berupa bahan organik ini juga memiliki manfaat untuk menambahkan nutrisi pada tanaman genjer (*Limnocharis flava*).

Grafik nilai efektivitas fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dalam menaikkan kadar DO dinilai tidak efektif karena pada air limbah yang tidak dilakukan netralisasi mengalami penurunan dengan nilai efektivitas -43,548%, pada limbah dengan dengan netralisasi 100% yaitu -80,685% dan nilai efektivitas air limbah dengan netralisasi 5 hari yaitu -91,935%. Nilai DO tersebut menunjukkan bahwa kualitas dari air limbah yang ada tidak baik. Semakin rendahnya DO maka semakin buruk kualitas air yang ada. Sehingga, dalam penambahan batang pisang (*Musa paradisiaca*), mengakibatkan nilai DO yang terkandung dalam air limbah semakin sedikit.

Grafik nilai efektivitas fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dalam menurunkan kadar BOD menunjukkan nilai efektivitas pada air limbah yang tidak dilakukan netralisasi yaitu 84,45%. Nilai BOD setelah penambahan batang pisang (*Musa paradisiaca*) dalam fitoremediasi tidak mengalami penurunan. Penambahan batang pisang (*Musa paradisiaca*) saat fitoremediasi mengakibatkan kenaikan jumlah BOD karena batang pisang (*Musa paradisiaca*) yang berupa bahan organik. Semakin lama batang pisang (*Musa paradisiaca*) didiamkan dalam air limbah, nilai BOD yang terkandung semakin besar. Nilai BOD yang tinggi pada air limbah apabila dibuang ke badan air mengakibatkan kualitas air semakin buruk. BOD yang tinggi menunjukkan bahwa oksigen terlarut yang terdapat dalam perairan kecil yang dapat mengakibatkan kematian pada organisme perairan akibat kurangnya oksigen terlarut.

Grafik nilai efektivitas fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dalam menurunkan kadar COD pada air limbah yang tidak dilakukan netralisasi yaitu 85,081%. Dapat diketahui bahwa penambahan batang pisang (*Musa paradisiaca*) sebagai media netralisasi air limbah dinilai tidak efektif dikarenakan COD tidak mengalami penurunan. Nilai COD yang meningkat dapat terjadi akibat zat anorganik yang dapat bereaksi dengan dikromat. Menurut Tchobanoglous dalam Nurjanah (2017) diketahui nilai BOD lebih rendah dibandingkan dengan nilai COD dikarenakan banyaknya zat organik yang sulit untuk mengoksidasi biologis karena hanya dapat dioksidasi secara kimiawi. Sama seperti kenaikan BOD, kenaikan jumlah COD berbanding lurus dengan hasil kenaikan BOD.

Hasil dari nilai efektivitas fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) ini diketahui bahwa dalam pengolahan air limbah, lebih baik melakukan fitoremediasi tanpa adanya netralisasi dengan penambahan batang pisang (*Musa paradisiaca*) dikarenakan penambahan tersebut sangat berpengaruh pada kenaikan nilai BOD dan COD pada air limbah yang akan dibuang ke badan air. Tingginya nilai BOD dan COD menandakan semakin buruk kualitas pada air buangan.

### Desain Bak Pengolahan

Lokasi pengolahan air limbah direncanakan akan berada di koordinat  $x = 289105 = 9179469$  yang berdekatan dengan lokasi pengolahan emas, dapat dilihat pada Gambar 13. Penentuan lokasi pengolahan juga mempertimbangkan faktor topografi. Topografi yang dipilih yaitu topografi landai hingga bergelombang agar terhindar dari bencana alam seperti adanya gerakan massa tanah. Lokasi pengolahan berada di topografi yang lebih rendah dikarenakan lebih ekonomis. Hal tersebut dikarenakan hanya membutuhkan pipa untuk mengalirkan air limbah ke bak pengolahan. Sedangkan apabila topografi lokasi pengolahan air limbah lebih tinggi dibandingkan lokasi pengolahan emas, membutuhkan pompa untuk mengalirkan air limbah ke bak pengolahan. Lokasi yang dipilih juga mempertimbangkan aspek lain seperti lokasi yang jauh dari sumur warga ataupun daerah imbuhan untuk meminimalisir hal yang tidak diinginkan yang nantinya dapat berpengaruh pada sumber air masyarakat. Bak pengolahan yang akan direkomendasikan yaitu dapat dilihat pada **Tabel 6**.

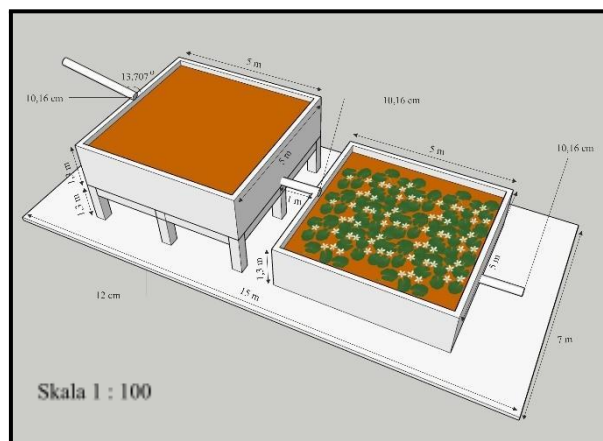
**Tabel 6** Rekomendasi Pengolahan Limbah

No.	Spesifikasi	Bak Pengumpulan	Bak Pengolahan
1.	Jumlah Gelundung	53	-
2.	Waktu tinggal	8 hari	8 hari
3.	Dimensi Bak Pengumpulan dan Pengolahan	Panjang = 5 m	Panjang = 5 m
		Lebar = 5 m	Lebar = 5 m
		Tinggi = 1,3 m	Tinggi = 1,3 m
4.	Debit limbah	28.117,56 liter	28.117,56 liter
5.	Sistem pengolahan	Tertutup dengan atap	Tertutup dengan atap
6.	Sistem perpipaan	Tertutup	Tertutup
7.	Kemiringan pipa	13,707°	-
8.	Jenis pipa	PVC	PVC
9.	Ukuran pipa	4 inch	4 inch
10.	Aliran pembuangan	Sungai	Sungai

Desain yang direncanakan menggunakan 2 jenis bak yaitu bak pengumpulan limbah dan bak pengolahan. Tujuan pembuatan pak pengumpulan air limbah yaitu untuk menghomogenkan air limbah yang akan dikelola dikarenakan pada bak pengolahan menggunakan system komunal. Bak pengumpulan limbah dan bak pengolahan memiliki ukuran dimensi 5 m x 5 m x 1,3 m untuk menampung limbah sebanyak 28.117,56 liter dengan waktu tinggal yang telah ditentukan yaitu selama 8 hari. Air limbah yang sudah dilakukan proses fitoremediasi akan dibuang langsung ke sungai. Pada bak pengumpulan memiliki kemiringan pipa sebesar 13,707° dari lokasi pengolahan emas menuju lokasi pengolahan limbah.

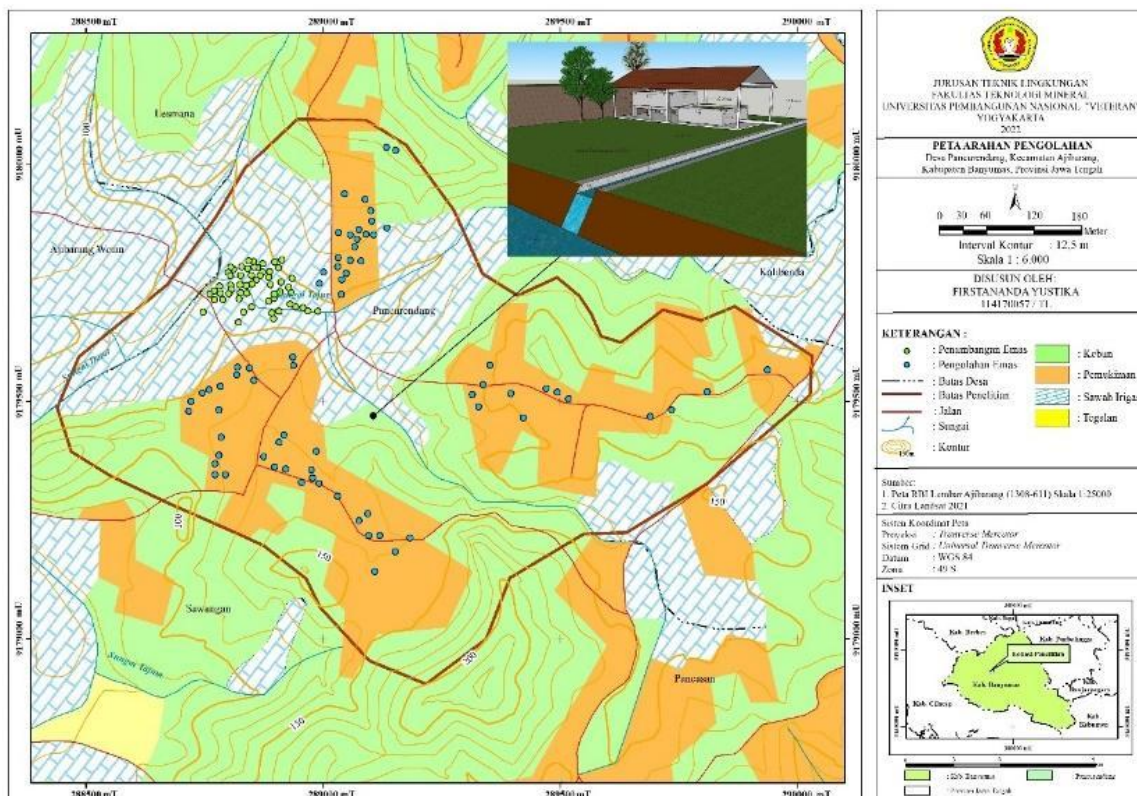


**Gambar 11** Desain Bak Pengolahan yang Direkomendasikan  
*Sumber : Penulis (2022)*



**Gambar 12** Desain Bak Pengolahan Tampak Atas yang Direkomendasikan  
*Sumber : Penulis (2022)*

Pengolahan limbah ini menggunakan sistem tertutup atau atap agar tidak mempengaruhi proses fitoremediasi seperti bertambahnya jumlah konsentrasi air limbah akibat faktor iklim. Pada bak pengolahan air limbah menggunakan bahan berupa semen, sedangkan untuk pipa menggunakan pipa PVC dengan diameter 4 inch. Pemilihan pipa PVC dalam penelitian ini yaitu karena pipa PVC tidak akan mengalami korosi. Sistem perpipaan juga menggunakan sistem tertutup agar mengurangi pencemaran yang dapat terjadi pada lokasi penelitian. Kontrol pada pengolahan air limbah dengan fitoremediasi perlu dilakukan selama waktu tinggal 8 hari, hasil yang didapatkan dapat menurunkan kadar Fe dan Mn sehingga sudah sesuai baku mutu ketika akan dibuang ke sungai. Lokasi bak pengolahan ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13 Peta Arahan Pengolahan

## KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Parameter air limbah pengolahan emas tambang rakyat yang belum memenuhi baku mutu yaitu Besi (Fe), Mangan (Mn), pH, dan COD.
2. Efektivitas fitoremediasi tanaman genjer (*Limnocharis flava*) memiliki penyerapan logam Besi (Fe) yang paling efektif yaitu pada sampel tanpa netralisasi yaitu dengan nilai 99,168%, sedangkan penyerapan logam Mangan (Mn) yang paling efektif yaitu pada sampel dengan netralisasi 5 hari yaitu 68,24%.
3. Desain pengolahan air limbah kegiatan pengolahan emas di lokasi penelitian yang direkomendasikan dalam penelitian ini yaitu dengan pembuatan sistem pengolahan berupa bak pengumpulan dan pengolahan limbah dengan dimensi 5 m x 5 m x 1,3 m. Debit yang direncanakan sebesar 38,12708607 dm<sup>3</sup>/detik. Kemiringan terukur pipa terhadap jarak tempuh adalah sebesar 13,707°.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan penulis kepada Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan “Veteran” Yogyakarta atas fasilitas yang telah diberikan serta Ibu Rr. Dina Asrifah, S.T., M.Sc. dan Bapak Dian Hudawan Santoso, S.Si., M.Sc. yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Febrina, Laila. (2014). *Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik*. Universitas Sahid : Jakarta

- I, Ishak. (2014). *Potensi Tanaman Genjer (Lamncharis Flava) Sebagai Akumulator Logam Pb Dan Cu*. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo
- Nurjanah, Siti. (2017). *Penyisihan BOD dan COD Limbah Cair Industri Karet dengan Biofilter Aerob dan Plasma Dielectric Barrier Dischare (DBD)*. Universitas Diponegoro : Semarang
- Prambudi, Randy Arief. (2021). *Pengaruh Oksigen dalam Uji Potensi Pembentukan Air Asam Tambang Dengan Metode Free Draining Column Leach Test Menggunakan Fly Ash dan Bottom Ash sebagai Material Non-Acid Forming (Naf)*. Institut Teknologi Nasional : Bandung
- Priyanti. (2013). Uji Kemampuan Daya Serap Tumbuhan Genjer (Limnocharis Flava) Terhadap Logam Berat Besi (Fe) Dan Mangan (Mn). *Jurnal FMIPA Universitas Lampung : Kota Tangerang*
- Rahmawati, Aldila Nur. (2018). *Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Singkong Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Dalam Air*. Politeknik Kesehatan Kemenkes Ri : Medan
- Rondonuwu, S. B. (2014). *Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman dan Sistem Reaktor*. Jurnal Ilmiah Sains : Manado
- Safitri, BRA. (2019). *Analisis Kandungan Mineral Logam Mangan (Mn) di Kawasan Pertambangan Desa Bangkang*. IKIP : Mataram
- Sugiyono. (2015). *Metode Penelitian Kombinasi (Mix Methods)*. Alfabeta : Bandung
- Sukeksi, Lilis. (2017). *Maserasi Alkali Dari Batang Pisang (Musa Paradisiaca) Menggunakan Pelarut Aquadest*. Universitas Sumatera Utara : Medan