



## Penggunaan Eceng Gondok dalam Pengolahan Air Bekas Galian Tambang Batubara untuk Perumahan di Kota Samarinda

**M. Dwi Triosusanto<sup>1\*</sup>, Shalaho Dina Devy<sup>2</sup>, Revia Oktaviani<sup>3</sup>, Windhu Nugroho<sup>4</sup>, Lucia Litha Respati<sup>5</sup>**

<sup>1-5</sup> Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman Indonesia

Alamat: JL. Kuaro, Gn Kelua, Kec. Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur

Korespondensi penulis : [dtriosusanto@gmail.com](mailto:dtriosusanto@gmail.com)

**Abstract.** The implementation of coal mining activities with an open pit system at the end of its activities will leave behind the remains of former mining holes. Control of acid mine water is something that needs to be done during mining activities until the end of the mining process because acid mine water can cause a decrease in the quality of surface water and groundwater and have an impact on the survival of humans and biota that live on land and water. The initial characteristics of water using the floating treatment method of wetland, the pH, TSS, Fe, and Mn values of ex-mining lake water do not meet the quality standards of the Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 22 of 2021. The ability of water hyacinth plants to increase pH for 25 days is quite good with an initial pH value of 4.13 to 7.34. For 25 days, the TSS parameter of water hyacinth plants is also good at reducing TSS levels with an initial value of 6 mg/L to 3 mg/L, the Fe parameter of water hyacinth plants is also good at reducing iron levels with an initial value of 1.06 mg/L to 0.34 mg/L, while the Mn parameter of water hyacinth plants is quite good at reducing manganese levels with an initial value of 1.13 mg/L to 0.32 mg/L.

**Keywords:** Use, Water Hyacinth, Method, Former Mining Lake

**Abstrak.** Pelaksanaan kegiatan pertambangan batubara dengan sistem *open pit* di akhir kegiatannya akan meninggalkan sisa lubang bekas tambang. Pengendalian terhadap air asam tambang ialah hal yang perlu dilakukan selama kegiatan penambangan beroperasi hingga berakhirnya proses penambangan karena air asam tambang bisa menyebabkan menurunnya kualitas air permukaan dan air tanah serta berdampak terhadap kelangsungan hidup manusia dan biota yang hidup di darat dan air. Karakteristik awal air dengan menggunakan metode *floating treatment weatland* nilai pH, TSS, Fe, dan Mn air danau bekas tambang belum memenuhi standar baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Kemampuan tanaman eceng gondok dalam meningkatkan pH selama 25 hari cukup baik dengan nilai pH awal 4,13 menjadi 7,34. Selama 25 hari juga untuk parameter TSS tanaman eceng gondok baik dalam menurunkan kadar TSS dengan nilai awal 6 mg/L menjadi 3 mg/L, parameter Fe tanaman eceng gondok juga baik dalam menurunkan kadar besi dengan nilai awal 1,06 mg/L menjadi 0,34 mg/L, sedangkan parameter Mn tanaman eceng gondok cukup baik dalam menurunkan kadar mangan dengan nilai awal 1,13 mg/L menjadi 0,32 mg/L.

**Kata kunci:** Penggunaan, Eceng Gondok, Metode, Danau Bekas Tambang

### 1. LATAR BELAKANG

Aktivitas penambangan batubara merupakan kegiatan yang memiliki dua sisi dalam pengaruhnya. Sisi pertama yaitu menciptakan kemakmuran ekonomi negara serta memberikan manfaat kepada manusia dalam pemenuhan kebutuhan hidupnya. Pelaksanaan kegiatan pertambangan batubara dengan sistem *open pit* di akhir kegiatannya akan meninggalkan sisa lubang bekas tambang. Pengendalian terhadap air asam tambang ialah hal yang perlu dilakukan selama kegiatan penambangan beroperasi hingga berakhirnya proses penambangan karena air

asam tambang bisa menyebabkan menurunnya kualitas air permukaan dan air tanah serta berdampak terhadap kelangsungan hidup manusia dan biota yang hidup di darat dan air.

Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengolahan Lingkungan Hidup, baku mutu air didefinisikan sebagai ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada dan unsur pencemar yang ditoleransi keberadaan dan kandungannya di dalam air. Penelitian ini juga dilakukan untuk menemukan dosis optimum dalam menetralkan kandungan logam pada air danau bekas tambang (*void*) di lokasi penelitian dengan tanaman eceng gondok (*echornia crassipes*). Penanganan ini mengharapkan dampak negatif yang dikhawatirkan dapat diminimalisasi atau bahkan dicegah sehingga kelestarian lingkungan tetap terjaga untuk menjamin kualitas hidup di masa mendatang.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

Air asam tambang terbentuk saat mineral sulfida tertentu yang ada pada batuan terpapar dengan kondisi dimana terdapat air dan oksigen yang menyebabkan terjadinya proses oksidasi dan menghasilkan air dengan kondisi asam. Salah satu persoalan terbesar yang dihadapi industri adalah adanya air asam tambang (AAT) yang terbentuk karena terangkatnya mineral-mineral sulfida terutama pirit, yang kemudian langsung mengalir ke sungai, danau dan lingkungan akuatik lainnya. AAT memiliki pH yang sangat rendah dan mengandung logam-logam yang bersifat toksik seperti Fe, Al dan Mn. Dampak yang dapat ditimbulkan akibat air asam tambang adalah terjadinya pencemaran lingkungan, dimana komposisi atau kandungan air di daerah yang terkena dampak tersebut akan berubah sehingga dapat mengurangi kesuburan tanah, mengganggu kesehatan masyarakat sekitarnya dan dapat mengakibatkan korosi pada peralatan tambang. Limbah asam tambang juga mengandung logam-logam berat yang berbahaya (Fahrudin,2022).

Air asam tambang batubara terjadi karena kegiatan penambangan baik itu tambang terbuka maupun tambang dalam, umumnya keadaan ini terjadi karena unsur sulfur yang terdapat di dalam batuan teroksidasi secara alamiah didukung juga dengan curah hujan yang tinggi semakin mempercepat perubahan oksida sulfur menjadi asam. Sumber-sumber air asam tambang batu bara berasal dari aktivitas sebagai berikut:

1. Air dari tambang terbuka
2. Air dari unit pengolahan limbah tailing
3. Air dari pengolahan batuan buangan
4. Air dari lokasi penimbunan batuan

(Kiswanto,2020).

Secara awam air tercemar dapat dilihat dengan mudah, misalnya dari kekeruhan, karena umumnya orang berpendapat bahwa air murni atau bersih itu jernih dan tidak keruh, atau dari warnanya yang transparan dan tembus cahaya, atau dari baunya yang menyengat hidung, atau menimbulkan gatal-gatal pada kulit dan ada juga yang dapat merasakan dengan lidah, seperti rasa asam dan getir, dengan demikian sebenarnya mudah untuk mengenal pencemaran tersebut. Oleh karena itu jangan meremehkan informasi dan keluhan masyarakat tentang pencemaran air. Air tercemar juga dapat diketahui dari matinya atau terganggunya organisme perairan, baik ikan, tanaman dan hewan-hewan yang berhubungan dengan air tersebut (Arie, 2016).

Suatu perairan dikatakan tercemar apabila terjadi perubahan-perubahan dalam suatu tatanan lingkungan hidup tersebut sehingga tidak sama lagi dengan bentuk dan keadaan yang aslinya karena telah masuk atau dimasukkannya suatu zat atau benda asing ke dalam tatanan lingkungan tersebut. Bahan atau zat pencemar tersebut disebut sebagai polutan. Polutan merupakan bahan atau zat seperti bahan kimia tertentu atau produk limbah yang mempunyai efek buruk terhadap lingkungan yang dapat mengubah laju pertumbuhan spesies, mempengaruhi rantai makanan, bersifat racun, mempengaruhi kesehatan, kenyamanan, ataupun nilai-nilai manusia yang baik. Perubahan yang telah terjadi dapat memberikan pengaruh buruk bagi makhluk hidup (Ermawati, 2012).

Mengidentifikasi kualitas air sungai, parameter fisik dan kimia sangat penting untuk diketahui. Parameter fisik yaitu temperatur dan TSS sedangkan parameter kimia yaitu pH serta logam berat seperti Fe dan Mn. Parameter kualitas air tersebut akan dianalisis menggunakan alat yang sesuai dengan pengujian pada masing-masing parameter (Gazali, 2013).

Pengolahan air limbah bekas tambang agar memenuhi Lampiran VI Kelas 1 dimana air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang memepersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Serta agar memenuhi standar baku mutu air limbah mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan dan Pengolahan Lingkungan Hidup pada Lampiran VI dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Parameter Air Bersih untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Metode Pengujian
	<b>Mikrobiologi</b>			
1	Total Coliform	CFU/100mL	0	SNI/APHA
2	E. Coli	CFU/100mL	0	SNI/APHA
	<b>Fisik</b>			
3	Suhu	°C	Suhu Udara ±3°C	SNI/APHA
4	Total Dissolve Solid	mg/L	<300	SNI/APHA
5	Kekeruhan	NTU	<3	SNI atau yang setara
6	Warna	TCU	10	SNI/APHA
7	Bau	-	Tidak Berbau	APHA
	<b>Kimia</b>			
8	pH	-	6,5 – 8,5	SNI/APHA
9	Nitrat (sebagai NO <sup>3-</sup> ) (terlarut)	mg/L	20	SNI/APHA
10	Nitrit (sebagai NO <sup>2-</sup> (terlarut)	mg/L	3	SNI/APHA
11	Kromium valensi 6 (Cr <sup>6+</sup> )	mg/L	0,2	SNI/APHA
12	Besi (Fe) (terlarut)	mg/L	0,2	SNI/APHA
13	Mangan (Mn) (terlarut)	mg/L	0,1	SNI/APHA

Fitoremediasi merupakan proses teknologi yang menggunakan tumbuhan untuk memulihkan zat tercemar oleh polutan secara insitu. Teknologi ini dapat ditunjang dengan peningkatan perbaikan media tumbuh dan ketersediaan mikroba tanah untuk meningkatkan efisiensi dalam proses degradasi bahan polutan. Proses fitoremediasi bermula dari akar tumbuhan yang menyerap bahan polutan yang terkandung dalam air. Air yang mengandung bahan polutan dialirkan dengan proses transportasi ke seluruh bagian tumbuhan, dengan demikian air menjadi bersih dari bahan pencemar (Waluyo. 2018).

Kegiatan fitoremediasi dapat dilaksanakan pada lahan bekas tambang batubara yang terdegradasi dan tercemar seperti kawasan *void* tambang. Perbaikan *void* dengan pendekatan fitoremediasi akan mengantarkan kita kepada pemanfaatan lebih lanjut *void* yang relatif aman serta mencegah potensi pencemaran air. Fitoremediasi (*phytoremediation*) dapat diartikan suatu sistem di mana tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi. Fitoremediasi merupakan upaya yang dilakukan untuk mengelola dan memulihkan kualitas air agar dapat memenuhi standar mutu lingkungan. Terpenuhinya standar mutu lingkungan akan membantu dalam proses pemanfaatan lahan *void* tahap berikutnya (Kissinger & Pitri, 2018).

Manfaat terbesar dalam menggunakan fitoremediasi adalah biaya kerja yang lebih murah bila dibandingkan dengan pengolahan biasa lainnya, seperti insinerasi (pembakaran), pencucian tanah (*bleuicing*) tergantung pada energi dan zat kimia yang diperlukan untuk meluruhkan pencemar. Standar fundamental inovasi fitoremediasi adalah mengembalikan kembali tanah yang tercemar, memperbaiki endapan, residu, dan air tanah melalui pemindahan, penurunan nilai pen cemar atau penyesuaian kontaminan (Herniwanti, 2021).

Tanaman Eceng Gondok merupakan tanaman yang sangat potensial untuk digunakan sebagai adsorben logam berat, baik pada wilayah perairan ataupun pada limbah-limbah sisa industri. Eceng Gondok dapat menurunkan kadar logam Fe, Pb, dan Cu pada limbah elektroplating. kandungan unsur logam optimal dari variasi waktunya perendaman dari hasil SEM-EDS menunjukkan kadar logam Fe sebesar 2,453% pada waktu perendaman 60 menit. dibandingkan dengan logam Cu, dan Pb.



Gambar 1. Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)

### 3. METODE PENELITIAN

Pemilihan kuantitatif deskriptif dalam penelitian ini didasarkan dari penelitian yang ingin mengkaji dan melihat kemampuan tanaman eceng gondok (*eichornia crassipes*) dalam menetralkan kadar pH serta menurunkan kadar TSS, Fe dan Mn pada air danau bekas tambang.

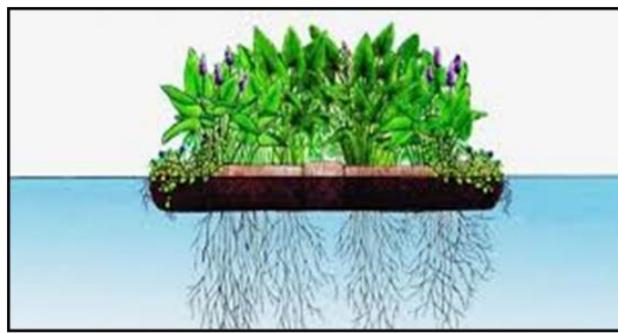
Adapun variabel bebas dari penelitian ini adalah pembuatan media tanam dan jenis tanaman yang digunakan serta titik pengambilan sampel air pada lokasi penelitian. Penentuan lokasi titik pengambilan sampel air pada penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada SNI 6989.57:2008 bagian 57 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan, regulasi tersebut menyebutkan bahwa lokasi pengambilan contoh air danau disesuaikan dengan tujuan pengambilannya. Lokasi yang harus diambil diantaranya:

1. Tempat masuknya air kedalam danau
2. Bagian tengah danau.
3. Lokasi penyadapan air untuk pemanfaatan air danau.
4. Tempat keluarnya air dari danau.

Variabel terikat yang terdapat dalam penelitian ini adalah beberapa parameter hasil uji sampel air danau bekas tambang, yaitu:

1. pH
2. Besi (Fe)
3. Mangan (Mn)
4. TSS (*Total Suspended Solids*)

Metode yang digunakan pada tahap lapangan adalah *Floating treatment wetland* yang merupakan teknologi pengolahan menggunakan media terapung. FTW termasuk teknologi pengolahan berbasis tanaman yang terbukti menghilangkan kelebihan nutrisi dan logam pada air permukaan.



Gambar 2. Floating Treatment Wetland di Perairan

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan Air Asam Tambang (AAT) yang berasal dari *void* bekas galian tambang dengan lokasi yang terletak di Lok Bahu, Kecamatan Sungai Kunjang, Kota Samarinda dan diambil langsung dari danau bekas galian tambang (*void*) tersebut. Lubang bekas galian tambang (*void*) terbentuk dari hasil penambangan batubara yang dilakukan secara terbuka ini memiliki luas lahan sebesar ± 12 hektar serta memiliki kandungan air yang tergolong asam (>6).

##### Karakteristik Awal Air Danau

Analisis karakteristik air danau bekas galian tambang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas air yang terdapat pada danau agar dapat dibandingkan sebelum dan sesudah diterapkannya metode *floating treatment* dengan menggunakan tumbuhan yang mudah baik secara ekonomi dan juga secara perawatan yaitu dengan tanaman eceng gondok (*echornia crassipes*).

Tabel 2. Hasil Pengujian Awal Karakteristik Air

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu *	Hasil Analisis **
1.	pH	-	6,0 – 9,0	4,13
2.	Total Suspended Solid (TSS)	mg/L	400	6
3.	Besi (Fe) Total	mg/L	0,3	1,06
4.	Mangan (Mn) Total	mg/L	0,4	1,13

Ket \*) Sumber Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021

\*\*) Hasil Pengujian Laboratorium Kualitas Air FPIK Unmul

### Hasil Pengamatan Tanaman Pada Proses Fitoremediasi

Pengamatan kondisi fisik tanaman eceng gondok bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif kemampuan tanaman eceng gondok dalam menyerap polutan yang terdapat dalam air danau bekas tambang. Adapun hasil pengamatan kondisi tanaman eceng gondok pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengamatan Kondisi Tanaman

Pengamatan Tanaman Eceng Gondok	Hari ke – (Waktu)	Keterangan
	0 - 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kondisi fisik tanaman eceng gondok di hari 0 sampai hari ke 5 masih terlihat segar sama seperti pada saat proses aklimatisasi.</li> <li>Tanaman eceng gondok masih menyesuaikan dengan air asam tambang.</li> <li>Kondisi air dalam reaktor masih terisi penuh seperti pada hari awal pengisian</li> </ul>
	5 - 15	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kondisi fisik tanaman eceng gondok di hari ke 5 sampai hari ke 15 mengalami perubahan yang signifikan.</li> <li>Beberapa daun dari tanaman mengalami perubahan menjadi kuning kecoklatan.</li> <li>Beberapa batang tanaman eceng gondok mulai menguning</li> <li>Pada hari ke 8 kondisi air menurun sekitar 2 cm dari kondisi awal.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Kondisi tanaman eceng gondok di hari ke 15 sampai 25 mulai mengalami perubahan warna batang dan daun.</li> </ul>

	15 – 25	<ul style="list-style-type: none"><li>• Beberapa batang tanaman eceng gondok mulai kembali hijau seperti awal.</li><li>• Beberapa batang tanaman mulai kembali berwarna hijau dan segar.</li><li>• Masih ada beberapa daun yang masih berwarna kuning.</li></ul>
--	---------	--

### Hasil Pengujian pH Air

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan derajat keasaman (pH) pada air danau bekas tambang berfluktuasi pada kisaran angka 4,13 – 7,34. Hal ini menunjukkan adanya proses biokimia yang kompleks terjadi pada saat proses fitoremediasi berlangsung. Adapun hasil penelitian pengaruh tanaman eceng gondok (*eichornia crassipes*) dalam meningkatkan kadar pH pada air danau bekas tambang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Parameter pH

Waktu Tinggal	Hasil Uji Kadar (pH)	Baku Mutu Permenkes No. 02 Tahun 2023
	Tanaman Eceng Gondok	
0	4,13	6,5 – 8,5
5	4,43	
15	5,88	
25	7,34	

### Hasil Pengujian TSS Air

Kadar awal TSS air asam bekas galian tambang sebelum dilakukan perlakuan pada tanaman kayu apu dan tanaman eceng gondok di hari pertama yaitu sebesar 6 mg/L. Hasil pengaruh tanaman eceng gondok (*eichornia crassipes*) dalam menurunkan kadar TSS dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Parameter TSS

Waktu Tinggal	Hasil Uji Kadar (TSS) mg/L	Baku Mutu Permenkes No. 02 Tahun 2023
	Tanaman Eceng Gondok	
0	6	400 mg/L
5	9	
15	7	
25	3	

Berdasarkan dari hasil tabel diatas perlakuan pada tanaman eceng gondok dalam menurunkan kadar TSS pada air danau bekas tambang yang mana perlakuan di hari ke 5 mengalami kenaikan dari 6 mg/L menjadi 9 mg/L. Perlakuan di hari ke 15 mengalami penurunan kembali dari 9 mg/L menjadi 7 mg/L, perlakuan di hari ke 25 mengalami penurunan kadar TSS dari 7 mg/L menjadi 3 mg/L.

### Hasil Pengujian Besi (Fe) Air

Tujuan dilakukannya pengujian kadar besi (Fe) yaitu untuk mengetahui pengaruh dari tanaman eceng gondok dalam menurunkan kadar Fe pada air asam bekas galian tambang dengan memperhatikan pH agar tetap suasana netral sebelum dialirkan kedaerah yang ditentukan. Hasil penelitian pengaruh tanaman eceng gondok (*eichornia crassipes*) dalam menurunkan kadar besi (Fe) dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Parameter Fe

Waktu Tinggal	Hasil Uji Kadar (Fe) mg/L	Baku Mutu Permenkes No. 02 Tahun 2023
	Tanaman Eceng Gondok	
0	1,06	0,2 mg/L
5	3,64	
15	1,7	
25	0,34	

Berdasarkan Tabel 4.6 diperoleh hasil perlakuan pada tanaman eceng gondok dalam menurunkan kadar besi (Fe) pada air danau bekas tambang yang mana perlakuan di hari ke 5 terjadi kenaikan dari 1,06 mg/L menjadi 3,64 mg/L. Perlakuan di hari ke 15 mengalami penurunan kadar Fe dari 3,64 menjadi 1,7 mg/L, perlakuan di hari ke 25 mengalami penurunan kadar Fe dari 1,7 mg/L menjadi 0,34 mg/L.

### Hasil Pengujian Mangan (Mn) Air

Hasil penelitian pengaruh tanaman eceng gondok (*eichornia crassipes*) dalam menurunkan kadar mangan (Mn) dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Parameter Mn

Waktu Tinggal	Hasil Uji Kadar (Fe) mg/L	Baku Mutu Permenkes No. 02 Tahun 2023
	Tanaman Eceng Gondok	
0	1,06	
5	3,64	
15	1,7	
25	0,34	

Berdasarkan dari Tabel 4.7 didapatkan perlakuan pada tanaman eceng gondok dalam menurunkan kadar mangan (Mn) pada air danau bekas tambang yang mana perlakuan di hari ke 5 terjadi penurunan dari 1,13 mg/L menjadi 0,74 mg/L. Perlakuan di hari ke 15 mengalami kenaikan kadar Mn dari 0,74 mg/L menjadi 0,92 mg/L, kemudian perlakuan di hari ke 25 mengalami penurunan kadar Mn dari 0,92 mg/L menjadi 0,32 mg/L.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium dan hasil perhitungan kemampuan tanaman eceng gondok dalam meningkatkan pH selama 25 hari cukup baik dengan nilai pH awal 4,13 menjadi 7,34. Selama 25 hari juga untuk parameter TSS tanaman eceng gondok baik dalam menurunkan kadar TSS dengan nilai awal 6 mg/L menjadi 3 mg/L, parameter Fe tanaman eceng gondok juga baik dalam menurunkan kadar besi dengan nilai awal 1,06 mg/L menjadi 0,34 mg/L, sedangkan parameter Mn tanaman eceng gondok cukup baik dalam menurunkan kadar mangan dengan nilai awal 1,13 mg/L menjadi 0,32 mg/L .

## DAFTAR REFERENSI

- Arie, H. (2016). Pencemaran air dan strategi penanggulangannya. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Effendi, H. (2003). Telaah kualitas air. Kanisius.
- Fahrudin. (2022). Mikrobiologi pengolahan limbah tambang. CV Penerbit Qiara Media.
- Gazali, I., Rahadi, B., & Wirosedarmo. (2013). Evaluasi dampak pembuangan limbah cair pabrik kertas terhadap kualitas air Sungai Klinter Kabupaten Nganjuk. Universitas Brawijaya.
- Herniwanti. (2021). Fitoremediasi pengelolaan limbah air asam tombang. Mitra Cendikia Media.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2022). 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.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2023). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Air untuk Keperluan Higiene dan Sanitasi.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2003). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah dan/atau Kegiatan Pertambangan Batubara.
- Kiswanto, W., & Rahayu, L. N. (2022). Analisis logam berat (Mn, Fe, Cd), sianida dan nitrit pada air asam tambang batubara. Jurnal Litabang Kota Pekalongan, 18(1).
- Raissa, R., & Tangahu, B. V. (2017). Fitoremediasi air yang tercemar limbah kegiatan laundry menggunakan metode Floating Treatment Wetland. Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 1–10.
- Wahyudin, I., Widodo, S., & Nurwaskito, A. (2018). Analisis penanganan air asam tambang batubara. Jurnal Geomine, 6(2).