

The Phytoremediation Effect on the pH and TSS of Acid Mine Drainage by Constructed Wetland Methods

Christine Elia Benedicta*, Kemala Hadidjah, Andi Gita Tenri Sumpala, Rahmad Hidayat Pradana

Teknologi Rekayasa Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda

*corresponding email: eliabenedicta25@gmail.com

Submitted: 2025-05-23; Accepted: 2025-06-30; Published: 2025-06-30

ABSTRACT

Coal mining is a significant contributor to the economy of East Kalimantan Province, with most activities employing open-pit mining systems involving stripping and transporting soil surface. If not properly managed, these activities can lead to Acid Mine Drainage (AMD), which is rainwater and groundwater reacting with sulfide content. Without any treatment before discharge into the environment, AMD can cause environmental pollution. One such treatment method is constructed wetlands, utilizing *Pontederia crassipes* to absorb heavy metals present in AMD. This study aims to determine the phytoremediation effect on the pH and TSS of acid mine drainage using constructed wetland methods. The research was conducted at PT. Lanna Harita Indonesia, using three 60x50x50 cm container boxes as a collection pond for AMD, a phytoremediation pond containing sand, zeolite rock, and filter cotton, and a constructed wetland phytoremediation pond containing *Pontederia crassipes*. The results show that *Pontederia crassipes* can increase the acidic pH from 4.11 to 7.65 and reduce the TSS value from 1016 mg/L to 22 mg/L. This indicates that the final AMD values after phytoremediation treatment comply with the quality standards outlined in East Kalimantan Regional Regulation No. 2 of 2011, meaning it is suitable for discharge into the environment with minimal negative environmental impact.

Keywords: Phytoremediation, *Pontederia crassipes*, Constructed Wetland, pH, TSS

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang terus bertambah setiap tahun berbanding lurus dengan meningkatnya sejumlah aktivitas masyarakat yang akan memberikan dampak bagi kualitas lingkungan baik itu air, tanah, maupun udara. Salah satu aktivitas masyarakat tersebut adalah kegiatan pertambangan, khususnya pertambangan batubara.

Aktivitas pertambangan batubara merupakan salah satu sektor penyumbang perekonomian Provinsi Kalimantan Timur. Menurut data BPS (2024), sejak tahun 2022 produksi pertambangan Batubara di Kalimantan Timur telah mencapai 305,48 juta ton dan meningkat pada tahun 2023 yaitu 338,50 juta ton, 156,34 juta ton diantaranya merupakan pemasaran domestik. Pada tahun 2019 sektor pertambangan Batubara dapat

menyumbangkan pendapatan Provinsi Kalimantan Timur mencapai 45,4% (Endah et al., 2020). Pertambangan Batubara saat ini menjadi salah satu pemasok energi yang sangat menjanjikan, sehingga diperlukan pengelolaan yang benar, efektif dan efisien untuk meminimalisir dampak negatif yang dapat mempengaruhi kualitas lingkungan (Murati et al., 2024).

Kegiatan Pertambangan Batubara di Kalimantan Timur sebagian besar menggunakan sistem Pertambangan Terbuka yaitu dengan melakukan pengupasan dan pengangkutan tanah penutup lahan kemudian penggalian dan pengangkutan bahan tambang. Kegiatan tersebut dapat menyebabkan terjadinya pencemaran, salah satunya adalah penurunan kualitas air akibat terkontaminasi air asam tambang (Murati

et al., 2024). Air asam tambang adalah air yang terbentuk dari campuran air hujan atau air tanah dengan batuan yang mengandung sulfida dari batu bara sehingga sifat kimianya berubah menjadi lebih asam. Beberapa sulfida logam yang banyak ditemukan pada area pertambangan adalah FeS (*pyrite*), FeS₂ (*marcasite*), Cu₂S (*chalcopyrite*), MoS₂ (*molybdenite*), ZnS (*sphalerite*) dan lain sebagainya (Murati et al., 2024b).

Air asam tambang berpotensi merusak lingkungan karena kandungan besi, *Total Suspended Solid* (TSS), mangan yang tinggi dapat mengakibatkan kualitas air menurun sehingga akan berdampak juga terhadap ekosistem perairan, pencemaran tanah, dan gangguan kesehatan masyarakat, bahkan menurut (Ernawati et al., 2020) dampak dari air asam tambang yang paling dikhawatirkan adalah ketika telah masuk ke dalam lingkungan masyarakat berpotensi mengakibatkan dampak kesehatan seperti gatal-gatal hingga kanker dan kerusakan organ. Oleh sebab itu air asam tambang membutuhkan perlakuan sebelum dilepaskan ke lingkungan sebagai upaya minimalisir dampak pencemarannya (Matofani et al., 2025)

Salah Satu cara pengolahan yang dapat dilakukan pada Air Asam Tambang adalah dengan menggunakan kapur tohor namun karena harga jualnya yang cukup tinggi dan kebutuhannya yang banyak serta merupakan bahan kimia yang dapat berpotensi merusak lingkungan dan kesehatan masyarakat sehingga tidak semua perusahaan dapat menggunakan kapur tohor sebagai campuran pada pengolahan air asam tambang (Matofani et al., 2025)

Salah satu pengolahan air asam tambang yang ramah lingkungan dan minim biaya adalah dengan metode lahan basah buatan yang menggunakan tanaman penyerap polutan atau biasa disebut dengan proses fitoremediasi. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses fitoremediasi dapat berjalan dengan baik adalah suhu, kelembaban, Cahaya matahari, nutrisi

untuk tanaman, dan lain-lain (Paulina et al., 2024). Dalam proses fitoremediasi, dapat menggunakan tanaman yang hidup di air atau di daratan, namun penggunaan tanaman air lebih sering digunakan (Hafidhin et al., 2023). Menurut penelitian Savira et al., (2024) salah satu tanaman yang berpotensi menyerap polutan adalah eceng gondok selain pertumbuhannya yang cepat, eceng gondok mampu beradaptasi dengan lingkungan baru dan tercemar, kemampuan penyerapan polutan terjadi melalui akar eceng gondok dan tajuknya dapat menjadi tempat biota perairan.

Penelitian terkait kemampuan eceng gondok sebagai tanaman yang dimanfaatkan untuk fitoremediasi telah dilakukan, misalnya penggunaan tanaman eceng gondok dalam metode fitoremediasi pada limbah cair domestik dilakukan oleh (Yanti & Simanjuntak, 2024) dengan hasil menunjukkan bahwa penurunan kadar fosfat dan BOD yang menurun, serta pH mendekati normal yaitu sebesar 6,9 pada hari ke 7. Penelitian terkait penyisihan kadar fosfat limbah laundry menggunakan eceng gondok sebagai media fitoremediasi telah dilakukan oleh (Basransyah et al., 2025) dengan hasil penelitian menunjukkan tanaman eceng gondok dapat mengurangi kadar fosfat rata-rata 30%. Selain itu, penelitian juga dilakukan oleh (Putri et al., 2023) tentang kemampuan tanaman eceng gondok dalam metode fitoremediasi pengolahan limbah cair industri tempe, mendapatkan hasil bahwa tanaman eceng gondok dapat menurunkan kadar BOD 57,13%, COD 67,74% dan TSS hingga 80,82%. Penelitian juga telah dilakukan oleh (Nadir et al., 2019) pada pengolahan air limbah sarung tenun dengan hasil penelitian menunjukkan penurunan kadar COD hingga 50 ppm, kadar TSS 398 ppm dan nilai pH hingga 9.

Penelitian terkait potensi tanaman eceng gondok pada air asam tambang masih sulit diperoleh, sehingga penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui potensi eceng gondok sebagai media fitoremediasi dengan metode lahan basah

buatan pada parameter pH dan TSS air asam tambang, mengingat besarnya dampak yang ditimbulkan oleh air asam tambang bagi lingkungan dan Kesehatan manusia. Dengan mengetahui potensi tanaman eceng gondok sebagai media fitoremediasi, diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif ramah lingkungan dan ekonomis yang dapat diaplikasikan dalam bidang pertambangan batubara.

METODOLOGI

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Lanna Harita Indonesia (PT. LHI) yang berlokasi di Sungai Siring, Samarinda Utara, Kalimantan Timur, memiliki Kawasan pemulihan berupa kolam pascatambang yang perlu untuk diolah atau diperbaiki fungsi lingkungannya.

Pengujian sampel dilakukan di PT Global Environment Laboratory (PT GEL) yang berada di Kelurahan Lempake, Kota Samarinda. Kalimantan Timur yang merupakan laboratorium aktif di Kalimantan Timur untuk uji Kualitas Air.

Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat yaitu bak container ukuran 60x 50x 50 cm, jerigen 1 liter, keran air, kerangka kayu, terpal, dan timbangan analitik dan menggunakan bahan utama yaitu air asam tambang dan eceng gondok.

Untuk komponen lahan basah buatan bahan yang digunakan adalah batu zeolite, kapas filter aquatic, serbuk gergaji, dan kompos ternak sapi. Bahan tersebut digunakan sebagai penyaring alami Air Asam Tambang sebelum masuk dalam bak lahan basan buatan.

Sedangkan alat yang digunakan dalam proses pengukuran adalah *Amtest Multiparameter*, pH meter, dan *Universal Indikator*.

Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan diperoleh dari salah satu kolam pascatambang PT. Lanna Harita Indonesia yang berada pada kawasan pemulihan lahan dengan titik koordinat S: 00°29'41,09", E:

117°14'59,340". Air asam tambang dikumpulkan sebanyak 70 liter, pengambilan sampel dilakukan berdasarkan SNI 6989.59:2008, selanjutnya dilakukan pengukuran pH menggunakan pH meter.

Penerapan Lahan Basah Buatan

Lahan Basah Buatan merupakan metode pengolahan limbah yang tersusun dengan desain dan bangunan menggunakan proses sedimentasi, filtrasi, transfer gas, penyerapan, pengolahan kimia dan biologi dengan menggunakan bahan vegetasi, bokashi, dan mikroorganisme (Indrayani & Triwiswara, 2018)

Rangkaian Alat Lahan Basah Buatan dibuat dengan menggunakan 3 buah bak container berukuran 60x 50x 50 cm dengan kapasitas 100 liter, bak pertama sebagai penampung air asam tambang yang akan dialirkan ke bak kedua untuk proses filtrasi sederhana menggunakan media pasir, batu zeolite, dan kapas penyaring, kemudian AAS dialirkan menuju bak ketiga yang merupakan bak lahan basah berisi eceng gondok.

Analisa Data

Penelitian ini dilakukan 4 minggu dengan pengukuran disetiap minggunya (seminggu sekali) pada parameter pH dan TSS. Pengukuran dilakukan dengan mengumpulkan air asam tambang yang telah diolah pada bak ketiga. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan SNI 6989.59:2008 dan pengujian pH berdasarkan SNI 06-6989.11-2004 sedangkan untuk parameter TSS menggunakan SNI 06-6989.27-2005. Selanjutnya nilai pH dan TSS disesuaikan berdasarkan baku mutu Perda Kaltim No 2 Tahun 2011.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Fitoremediasi dengan tumbuhan eceng gondok pada metode Lahan Basah Buatan untuk parameter pH

dan TSS Air Asam Tambang memperoleh nilai pengukuran ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian sampel AAT

Waktu	pH	TSS (mg/l)
Hari ke- 0	4,11	4
Minggu 1	6,10	1016
Minggu 2	7,13	55
Minggu 3	7,39	<2,5
Minggu 4	7,65	22
Baku Mutu	6-9	<300

Tanaman Eceng Gondok (*Pontederia crassipes*) menjadi bahan utama dalam fitoremediasi Air Asam Tambang karena kemampuannya dalam menyerap logam berat dan mampu beradaptasi pada lahan kritis atau tercemar. Pertumbuhan eceng gondok yang cepat, membuat potensi penyerapan melalui akar tumbuhan eceng gondok juga semakin meningkat sehingga cepat mempengaruhi pH dan TSS pada Air Asam Tambang (Murati et al., 2024a) Eceng gondok mampu bertahan pada lingkungan yang memiliki logam berat tinggi karena mampu membentuk fitikelatin yaitu senyawa peptida yang mampu memecahkan kandungan logam yang tinggi dan tumbuhan ini mampu menjadi biofilter karena kemampuan adsorpsi an akumulasi terhadap bahan pencemar (Maulida & Purwanti, 2023)

Menurut (Herniwanti, 2021) Fitoremediasi memiliki 6 langkah yaitu *Phytoaccumulation*, yaitu proses penyerapan zat pencemar dari lingkungan ke akar tanaman disebut juga hiperakumulasi, kontaminan yang terserap dibawa ke organ tanaman, *Rhizofiltration* yaitu penyerapan bahan pencemar yang dilakukan oleh akar tanaman kemudian zat pencemar diendapkan didalam akar, *Phytostabilization* yaitu pengumpulan zat pencemar yang tidak dapat dicerna oleh batang tanaman sehingga terus melekat di akar, *Rhizodegradation* yaitu penguraian kontaminan oleh mikroba di sekitar tanaman, bahan organik yang diuraikan

diubah menjadi nutrisi, *Phytodegradation* yaitu proses tumbuhan menguraikan zat kontaminan yang memiliki rantai molekul kompleks dengan bantuan enzim, *Phytovolatilization* yaitu proses penyerapan zat asing oleh tumbuhan menjadi molekul yang tidak berbahaya.

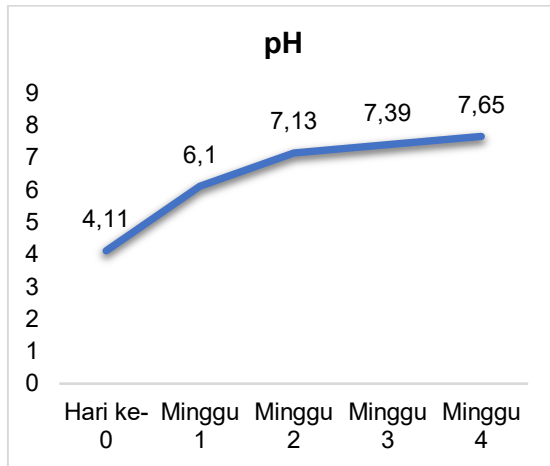
Berdasarkan tabel 1 menunjukkan bahwa nilai pH air asam tambang mengalami perubahan yaitu semakin meningkat sampai minggu ke 4 masa fitoremediasi dengan menggunakan eceng gondok. Proses fitoremediasi mulai dari bak penampungan, bak filtrasi hingga bak fitoremediasi telah berpengaruh dalam proses kenaikan nilai pH pada Air Asam Tambang.

Peningkatan nilai pH pasca fitoremediasi dapat disebabkan oleh proses aktivitas mikroba dan kemampuan serapan tanaman eceng gondok serta fitoakumulasinya (Yunus dan Prihatini., 2018). Dalam penelitian ini eceng gondok mampu meningkatkan nilai pH air asam tambang menjadi 7.65 selama 4 minggu, menurut Novita dkk, 2020 peningkatan pH terjadi karena jumlah oksigen didalam air meningkat dan membuat kandungan karbon dioksida berkurang terserap oleh akar eceng gondok.

Sebelum dilakukan perlakuan (Hari ke-0), air asam tambang memiliki nilai pH 4,11 yang berarti masih sangat asam dan jika dilepaskan ke lingkungan dapat mengakibatkan penurunan kualitas air, kematian biota air, penyakit gatal-gatal, kanker, dan penurunan fungsi organ (Ananda et al., 2024) Setelah dilakukan fitoremediasi dengan metode lahan basah buatan, nilai pH semakin meningkat mulai dari 6,10 pada minggu ke 1 hingga 7,65 pada minggu ke 4.

Berdasarkan baku mutu yang diatur dalam Perda Kaltim No 2 Tahun 2011 untuk nilai pH yaitu 6-9 yang berarti hasil fitoremediasi menggunakan eceng gondok dalam lahan basah buatan mampu membuat nilai pH pada air asam tambang menjadi netral dan aman untuk dilepaskan

ke lingkungan. Grafik perubahan nilai pH ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Kenaikan nilai pH Air Asam Tambang

Total Suspended Solid (TSS) merupakan padatan yang berada dalam kondisi tersuspensi di dalam air atau sulit terlarut, memiliki ukuran yang sangat kecil, kandungannya yang tinggi didalam air dapat menghambat produktivitas biota air akibat dari nilai kekeruhan yang ikut meningkat (Sinaga et al., 2024)

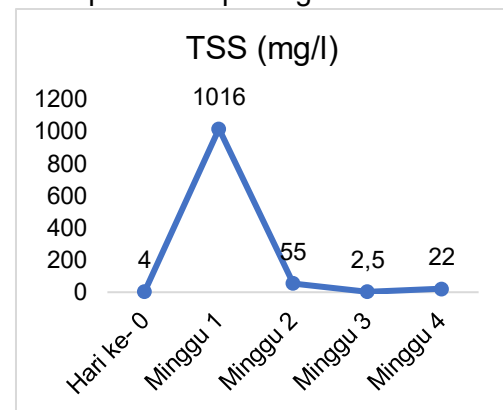
Menurut (Ernawati et al., n.d.) Proses penyerapan TSS sangat dipengaruhi oleh kemampuan akar tanaman dalam menyerap logam berat dan mengurangi Tingkat kekeruhan pada Air Asam Tambang (AAS).

Dari tabel 1 menunjukkan bahwa nilai TSS (*Total Suspended Solid*) pada Air Asam Tambang memiliki nilai 4 mg/l pada awal pengukuran (sebelum perlakuan) dan setelah perlakuan fitoremediasi pada minggu 1 mengalami peningkatan yang signifikan menjadi 1016 mg/l, hal tersebut terjadi karena bahan organik pada media penyaringan yaitu kompos, serbuk gergaji dan tumbuhan ikut terlarut dalam Air Asam Tambang sehingga mengakibatkan nilai TSS sangat tinggi. selain itu menurut Nugraha et al., (2020) peningkatan TSS dapat diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme yaitu bakteri heterotrofik (*Pseudomonas* spp, *Bacillus* spp), alga

(*Chlorella*, *Oscillatoria*), dan lain-lain yang ditandai dengan kekeruhan atau warna air yang berubah. Tingginya kadar TSS pada perairan dapat menyebabkan sedimentasi yang tinggi, yang akan menghambat masuknya cahaya ke dalam perairan sehingga menurunkan aktivitas fotosintesis.

Tingginya nilai TSS pada minggu ke 1 menunjukkan bahwa media pasir, batu zeolite, dan kapas penyaring belum dapat bekerja maksimal sehingga membuat nilai TSS meningkat signifikan. Fungsi pasir, batu zeolite dan kapan penyaring pada bak ke 2 adalah untuk

Pada pengukuran Air Asam Tambang di minggu ke-2 sampai ke- 4 terjadi kenaikan dan penurunan yang fluktuatif pada nilai TSS yaitu 55 mg/l pada minggu ke 2, menunjukkan bahwa ada penurunan nilai TSS selama minggu 1 ke minggu 2, kemudian semakin menurun lagi hingga <2,5 mg/l pada minggu ke 3 namun mengalami kenaikan pada minggu ke- 4 yaitu 22 mg/l. Dari hasil nilai tersebut menunjukkan bahwa sejak minggu ke 2 hingga ke 4 nilai TSS telah mencapai baku mutu yaitu <300 mg/l menurut Perda Kaltim No 2 Tahun 2011. Pengukuran nilai TSS dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Pengukuran TSS

Nilai TSS yang tinggi pada Air Asam Tambang jika dilepaskan ke Sungai atau danau dapat berdampak negatif bagi perairan seperti menghambat proses masuknya oksigen ke dalam perairan karena kekeruhan yang tinggi, sehingga

Benedicta, C.E., et al.(2025) "The Phytoremediation Effect on the pH and TSS of Acid Mine Drainage by Constructed Wetland Methods", Jurnal Agriment, 10(1).

biota air dan mikroorganisme tidak mampu hidup dan berkembang biak (Maulida & Purwanti, 2023)

Dari Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa Kegiatan Fitoremediasi dengan media Eceng Gondok metode Lahan Basah Buatan memiliki kemampuan untuk meningkatkan nilai pH dan menurunkan nilai TSS (Total Suspended Solid) sehingga dapat mencapai baku mutu Perda Kaltim No 2 Tahun 2011, sehingga Air Asam Tambang layak untuk dilepaskan ke lingkungan perairan dan dampaknya bagi Masyarakat dapat diminimalisir. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian dari Maulida & Purwanti, (2023) yang menyatakan bahwa metode yang efektif untuk pengolahan air tambang adalah lahan basah buatan dengan menggunakan eceng gondok.

KESIMPULAN

Dari Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Fitoremediasi dengan tumbuhan Eceng Gondok pada metode Lahan Basah Buatan mampu memberi pengaruh terhadap pH dan TSS. Nilai pH setelah mendapat perlakuan fitoremediasi mampu meningkat hingga 7,65 dan nilai TSS mampu turun hingga 22 mg/l, hal tersebut telah memenuhi baku mutu Perda Kaltim No 2 Tahun 2011 yang artinya air Asam Tambang dapat dilepaskan ke lingkungan seperti Sungai dan danau dengan aman dan layak serta dapat meminimalisir dampaknya bagi lingkungan Masyarakat.

Penelitian ini dapat menjadi solusi bagi permasalahan air asam tambang yang berpotensi sebagai pencemar lingkungan, melalui pemanfaatan eceng gondok sebagai media fitoremediasi dan kemampuannya menyerap logam berat, Air asam tambang oleh Perusahaan Pertambangan Batubara diharapkan dapat diolah terlebih dahulu sebelum dilepaskan ke Lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananda, R., HAR, R., Prabowo, H., & Rahman, H. A. (2024). Penetrasi pH Air Asam Tambang Menggunakan Metode Pasif Open Limestone Channel dengan Penambahan Fly Ash, Zeolite, dan Pasir Silika Pada Pengujian Skala Laboratorium. *Jurnal Geosains Dan Teknologi*, 7(1), 75–82.
<https://doi.org/10.14710/jgt.7.1.2024.75-82>
- Basransyah, R. Y. A. B. D. (2025). Penyisihan Kadar Fosfat Air Limbah Laundry Menggunakan *Eichhornia crassipes* sebagai Agen Fitoremediasi. *SPECTA Journal of Technology*, 9(1), 20–27.
<https://doi.org/10.35718/specta.v9i1.1213>
- Endah, W., Putri, C., Zamroni, A., & Widiatmoko, F. R. (2020). Pengaruh Aktivitas Pertambangan Terhadap Nilai Produk Domestik Regional Bruto dan Ekonomi Masyarakat di Provinsi Kalimantan Timur. 5(2), 71–76.
- Ernawati, R., Agung Cahyadi, T., & Ali Amri, N. (n.d.). Penerapan Metode Constructed Wetland dalam Upaya Pengelolaan Limbah Air Asam Tambang pada Penambangan Batubara , Berdasarkan Literatur Review.
<https://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/>
- Hafidhin, F. A., Ratnawati, R., Sutrisno, J., Nurhayati, I., Nur Febrianti, A., & Al Kholif, M. (2023). Penerapan Teknologi Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok untuk Mengolah Air Limbah Laundry. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 14(2), 42–50.
<https://doi.org/10.20956/jal.v14i2.28000>
- Herniwanti, H. (n.d.). *Fitoremediasi Pengelolaan Limbah Air Asam Tambang (Phytoremediation of Acid Mine Drainage Management)*.
<https://www.researchgate.net/publication/355666731>

- Indrayani, L., & Triwiswara, M. (2018). Tingkat Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Teknologi Lahan Basah Buatan. *Dinamika Kerajinan Dan Batik: Majalah Ilmiah*, 35(1), 53. <https://doi.org/10.22322/dkb.v35i1.3795>
- Kalimantan Selatan, J., Yunus, R., & Stiyati Prihatini, N. (2018). Fitoremediasi Fe dan Mn Air Asam Tambang Batubara dengan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dan Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) pada Sistem LBB di PT Phytoremediation of Fe and Mn Acid of Coal Mine with Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) and LBB System at PT. JBG South Kalimantan: Vol. VII (Issue 1). Cetak. <http://ojs.unm.ac.id/index.php/sainsmat>
- Maulida, S. A., & Purwanti, I. F. (2023). Kajian Pengolahan Air Asam Tambang Industri Pertambangan Batu Bara dengan Constructed Wetland. *Jurnal Teknik ITS*, 12(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v12i1.111230>
- Maya Matofani, Lina Rianti, & Iranda Septa Pratama. (2025). Analisis Teknis dan Ekonomis Pada Pengelolaan Air Asam Tambang Menggunakan Kapur Tohor Di Kpl 01 Al Cik Ayib Pt Bukit Asam, Tbk. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 4(5), 595–608. <https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v4i5.9527>
- Murati, F., Iashania, Y., Firdayanti, N., Melinda, S., Yakub Reba, I., Jurusan, D., Teknik Pertambangan, P., Palangka Raya, U., Jurusan, M., & Palangka Raya Korespondensi, U. (2024a). *Pengelolaan dan Pengendalian Air Asam Tambang Pada Kegiatan Pertambangan Batubara (Management And Control of Acid Mine Water in Coal Mining Activities)* (Vol. 24, Issue 1).
- Murati, F., Iashania, Y., Firdayanti, N., Melinda, S., Yakub Reba, I., Jurusan, D., Teknik Pertambangan, P., Palangka Raya, U., Jurusan, M., & Palangka Raya Korespondensi, U. (2024b). *Pengelolaan Dan Pengendalian Air Asam Tambang Pada Kegiatan Pertambangan Batubara (Management and Control of Acid Mine Water in Coal Mining Activities)*. *Jurnal Teknologi Pertambangan (JTP)*, 24(1), 44–51.
- Nadir, M., Irwan, M., Agung Satria Bakti, R., & Program Studi, D. (2019). *Penggunaan Metode Fitoremediasi Eceng Gondok Guna Mereduksi Nilai COD, Tss Dan pH pada Pengolahan Air Limbah Sarung Tenun Samarinda*.
- Novita, E., Wahyuningsih, S., Andriana Na, D., Jannah, imatul, Andiananta Pradana, H., *Bioteknologi & Biosains Indonesia Fitoremediasi Air Limbah Laboratorium Analitik*. Teknik Pertanian, J., Teknologi Pertanian, F., Jember, U., & Sumber Daya Air Pertanian, P. (n.d.). *The Use of Water Hyacinth and Cattail Plants* (Vol. 7). <http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JBBI>
- Nugraha, F. A., Kirmi, H., Haryanto, B., & Afiffa, M. (2020). Analisis Penggunaan Media Tandan Sawit dan Kompos dengan Sistem Aerobik Wetland dalam Mengolah Air Asam Tambang. *SPECTA Journal of Technology*, 4(2), 35–44. <https://doi.org/10.35718/specta.v4i2.169>
- Pangihutan Sinaga, M., Tony Edyt Siburian, D., & Edward Kristian Zega, dan. (n.d.). The Impact Of Total Suspended Solid (TSS) And Containing Water Chlorophyll-A On The Fertility Level Of Jakarta Jakarta Bay Waters Using Technology Of Google Earth Engine (Gee) Clouds. *Jurnal Ilmiah Platax*, 12(2), 2024. <https://doi.org/10.35800/jip.v10i2.55236>
- Paulina, M., Faradika, M., Kehutanan, J., Pertanian, F., Bengkulu, U., Supratman, J. W. R., & Limun, K. (2024). Fitoremediasi dengan Berbagai Jenis Tumbuhan : Review Phytoremediation with Various Types of Plants : Review. *Journal of Global*

Benedicta, C.E., et al.(2025) "The Phytoremediation Effect on the pH and TSS of Acid Mine Drainage by Constructed Wetland Methods", Jurnal Agriment, 10(1).

Forest and Environmental Science,
4(1).

Putri, W. N., Barus, L., Ahyanti, M.,
Prianto, N., Masra, F., Indarwati, S.,
Lingkungan, K., & Kemenkes, P.
(2023). *Kemampuan Eceng Gondok (*
Eichhornia Crassipes) Sebagai
Fitoremediasi. 3(3), 137–145.

Savira, W., Fitrihidajati, H., Biologi, J.,
Matematika, F., Ilmu, D., Alam, P., &
Surabaya, U. N. (2024).
Pemanfaatan Eceng gondok
(Eichornia crassipes) dan Kayu apu
(Pistia stratiotes) sebagai Agen
Fitoremediasi Pencemaran Air oleh
Logam Berat Zink (Zn). 13(1), 191–
197.

[https://journal.unesa.ac.id/index.php/
lenterabio/index](https://journal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/index)

Yanti, F., & Simanjuntak, H. (2024).
Fitoremediasi Posfat Menggunakan
Tanaman Eceng Gondok Pada
Limbah Cair Domestik. 8(2), 217–
222.