



Analisis Sistem Pengelolaan Air Asam Tambang Berbasis Fitoremediasi Tanaman Lokal dalam *Green Supply Chain Management*

Yelli Fitri^{1✉}, Sri Wahyuni², Emil Salim Kahmi Leka³

⁽¹⁾Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

⁽²⁾Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Cordova

⁽³⁾Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

DOI: [10.31004/jutin.v8i4.50432](https://doi.org/10.31004/jutin.v8i4.50432)

✉ Corresponding author:
yellifitri@staff.unram.ac.id

Article Info	Abstrak
<i>Kata kunci:</i> <i>Air Asam Tambang;</i> <i>Fitoremediasi;</i> <i>Tanaman Lokal;</i> <i>Green Supply Chain;</i> <i>Circular Economy</i>	Air Asam Tambang (AAT) merupakan salah satu dampak lingkungan paling serius dari aktivitas pertambangan, terutama batubara yang ditandai dengan pH rendah serta tingginya kandungan logam berat seperti Fe, Mn, dan Cr. Penelitian ini bertujuan menganalisis sistem pengelolaan AAT berbasis fitoremediasi dengan memanfaatkan tanaman lokal. Metode penelitian menggunakan studi literatur serta pemodelan sistem menggunakan pendekatan IDEF0 untuk menggambarkan alur pengelolaan AAT, selain itu juga digunakan analisis SWOT. Hasil kajian menunjukkan bahwa fitoremediasi mampu menurunkan kandungan logam berat hingga lebih dari 90% serta meningkatkan pH air asam dari <4 menjadi mendekati netral (pH 6–7) dalam periode tertentu. Dari sisi teknik industri, sistem ini efisien karena memanfaatkan sumber daya lokal, menekan biaya operasional dibandingkan metode kimia, serta mendukung <i>Green Supply Chain Management</i> (GSCM) dengan prinsip <i>circular economy</i>. Integrasi fitoremediasi ke dalam rantai suplai hijau tambang terbukti memberikan nilai tambah berupa keberlanjutan lingkungan, kepatuhan regulasi, dan penguatan citra perusahaan.
<i>Keywords:</i> <i>Acid Mine Drainage;</i> <i>Phytoremediation;</i> <i>Local Plants;</i> <i>Green Supply Chain;</i> <i>Circular Economy</i>	Abstract <i>Acid Mine Drainage (AMD) is one of the most serious environmental impacts of mining activities, especially coal mining. It is characterized by low pH and high concentrations of heavy metals such as Fe, Mn, and Cr. This study aims to analyze a phytoremediation-based AMD management system using local plants. The research methods include a literature review and system modeling using the IDEF0 approach to illustrate the AMD management flow. A SWOT analysis was also conducted. The results show that phytoremediation can reduce heavy metal content by more than 90% and raise the pH of the acidic water from below 4 to near neutral (pH 6–7) within a certain period. From an industrial engineering perspective, this</i>

system is efficient because it utilizes local resources, reduces operational costs compared to chemical methods, and supports Green Supply Chain Management (GSCM) based on circular economy principles. The integration of phytoremediation into the mining green supply chain provides added value in terms of environmental sustainability, regulatory compliance, and corporate image enhancement.

1. PENDAHULUAN

Industri pertambangan memiliki peran strategis dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, namun aktivitas ini kerap menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan. Salah satu permasalahan utama yang muncul adalah terbentuknya Air Asam Tambang (AAT) atau *Acid Mine Drainage* (AMD) yang terjadi akibat oksidasi mineral sulfida, terutama pirit (FeS_2). Proses tersebut menghasilkan air dengan tingkat keasaman tinggi dan kandungan logam berat seperti besi (Fe), mangan (Mn), serta kromium (Cr) yang berpotensi mencemari tanah dan perairan di sekitarnya. Apabila tidak dikelola dengan baik, AAT dapat menurunkan kualitas ekosistem, mengancam kesehatan masyarakat, serta menimbulkan risiko terhadap keberlanjutan operasi pertambangan (Maulida & Purwanti, 2023). Beberapa penelitian di Indonesia membandingkan metode konvensional netralisasi dengan penggunaan kapur atau bahan kimia lainnya untuk AAT, yang meskipun efektif menurunkan keasaman dan logam berat, memerlukan biaya operasional tinggi (Husni & Gumanti, 2023). Sebaliknya, studi fitoremediasi dengan tanaman lokal seperti *Typha angustifolia* dan mikoriza; serta penggunaan bahan organik lokal menunjukkan alternatif yang lebih murah dan lebih ramah lingkungan dalam jangka panjang (Habibullah et al., 2021).

Pengelolaan AAT tidak hanya dipandang dari sisi teknis, tetapi juga harus diintegrasikan ke dalam konsep *Green Supply Chain Management* (GSCM). Dengan pendekatan ini, fitoremediasi tidak semata menjadi teknologi pengendalian limbah, melainkan bagian dari strategi keberlanjutan operasi tambang yang mencakup efisiensi biaya, kepatuhan terhadap regulasi lingkungan, serta peningkatan citra perusahaan di mata publik. Fitoremediasi adalah teknik bioteknologi lingkungan yang memanfaatkan kemampuan tanaman menyerap logam berat atau menetralkan pencemar. Tanaman lokal seperti Eceng Gondok dan Purun Tikus memiliki daya adaptasi tinggi di lingkungan basah dan tercemar (Vara Prasad & de Oliveira Freitas, 2003). Fitoremediasi merupakan salah satu mekanisme utama yang berlangsung di sistem lahan basah (*Constructed Wetland*).

Lahan Basah Buatan (*Constructed Wetland*) adalah sistem alami buatan yang dirancang untuk mengolah limbah dengan memanfaatkan kombinasi tanah, mikroorganisme, dan tanaman air. Sistem ini terbukti efektif menurunkan kandungan Fe dan Mn dalam air tambang (Yunus & Prihatini, 2018). *Green Supply Chain Management* (GSCM) mengintegrasikan aspek lingkungan ke dalam manajemen rantai pasok, termasuk pengelolaan limbah dan efisiensi energi, untuk meningkatkan keberlanjutan operasi (Srivastava, 2007). Peneliti menyusun tinjauan terhadap berbagai jenis tanaman yang efektif dalam fitoremediasi AMD melalui sistem lahan basah buatan (LBB) di pertambangan batubara, mencakup Eceng Gondok dan Purun Tikus serta fitoremediasi logam Fe dan Mn (Fridtriyanda et al., 2022). Namun, mengadopsi teknologi hijau saja tidak cukup. Untuk mencapai kinerja keberlanjutan yang sejati yang tercermin dalam penilaian formal seperti PROPER, upaya mitigasi dampak lingkungan harus diintegrasikan secara sistematis ke dalam model bisnis perusahaan. Inilah peran dari *Green Supply Chain Management* (GSCM) (Addini et al., 2019).

Green Supply Chain Management (GSCM) memiliki hubungan yang kuat dan positif dengan inovasi hijau (*Green Innovation*). Penerapan GSCM mendorong perusahaan untuk tidak hanya memenuhi regulasi, tetapi juga untuk mengadopsi teknologi dan proses baru seperti bio treatment limbah yang pada akhirnya meningkatkan daya saing, citra perusahaan, dan kinerja keberlanjutan secara keseluruhan (Assumpção et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem pengelolaan AMD berbasis fitoremediasi tanaman lokal dalam kerangka *Green Supply Chain Management* (GSCM). Secara khusus, penelitian ini akan mengeksplorasi bagaimana integrasi teknologi fitoremediasi sebagai praktik *Green Innovation* dapat diukur, dievaluasi, dan distandarisasi agar menjadi komponen integral dari GSCM, yang pada akhirnya berkontribusi pada pencapaian tujuan keberlanjutan jangka panjang perusahaan pertambangan.

Mengintegrasikan teknologi pengelolaan AMD berbasis fitoremediasi ke dalam praktik rantai suplai tambang menghadirkan beberapa manfaat strategis seperti pengurangan dampak lingkungan, peningkatan kepatuhan regulasi dan *licence to operate*, penghematan biaya jangka panjang melalui solusi pasif yang *low-maintenance*, serta potensi peningkatan reputasi dan akses pasar yang mengutamakan produk berkelanjutan.

Dalam konteks pengelolaan Air Asam Tambang (AAT), pemilihan metode yang tepat tidak hanya didasarkan pada efektivitas teknis, tetapi juga pada kemampuan strategi tersebut untuk diintegrasikan ke dalam

sistem keberlanjutan industri. Oleh karena itu, analisis SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) menjadi relevan digunakan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai faktor internal dan eksternal yang memengaruhi keberhasilan penerapan fitoremediasi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem pengelolaan Air Asam Tambang (AAT) berbasis fitoremediasi menggunakan tanaman lokal, serta mengintegrasikan hasil analisis tersebut ke dalam kerangka *Green Supply Chain Management* (GSCM) pada industri pertambangan. Secara khusus, penelitian ini ingin menilai efektivitas fitoremediasi dalam menurunkan kadar logam berat dan menetralkan pH air, sekaligus mengevaluasi implikasinya terhadap efisiensi biaya operasional, keberlanjutan rantai pasok, dan kepatuhan regulasi lingkungan.

2. METODE

Pendekatan Penelitian

Metode penelitian dalam artikel ini disusun melalui pendekatan *systematic literature review* (SLR) yang dipadukan dengan pemodelan sistem. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh sintesis komprehensif dari hasil-hasil penelitian terdahulu sekaligus menyusun kerangka konseptual yang integratif. Dengan demikian, penelitian tidak semata berupa tinjauan pustaka umum, tetapi memenuhi kriteria metodologis yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah serta relevan bagi pengembangan strategi pengelolaan AAT dalam konteks teknik industri

1. Pengumpulan Data

Data penelitian dikumpulkan melalui studi literatur sistematis terhadap artikel ilmiah, prosiding, laporan penelitian, dan dokumen teknis yang dipublikasikan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir. Sumber data diperoleh dari basis data seperti *ScienceDirect*, *SpringerLink*, *Scopus*, *Google Scholar*, serta publikasi nasional yang relevan. Kata kunci pencarian meliputi *acid mine drainage*, *phytoremediation*, *local plants*, *constructed wetlands*, *green supply chain*, *circular economy*.

Kriteria inklusi data meliputi:

- Penelitian yang membahas efektivitas tanaman lokal atau mikroalga dalam menurunkan logam berat (Fe, Mn, Cr, Cd, Cu).
- Penelitian yang melaporkan perubahan pH air asam tambang.
- Studi yang menggunakan pendekatan keberlanjutan dalam pengelolaan AAT.

2. Pengolahan Data

Data hasil literatur dikompilasi dalam bentuk tabel komparatif yang memuat jenis tanaman, logam berat yang ditargetkan, efektivitas fitoremediasi, perubahan pH, serta sumber referensi. Selanjutnya dilakukan klasifikasi berdasarkan jenis tanaman (makrofit air, tumbuhan rawa, dan mikroalga) serta pendekatan sistem pengelolaan (lahan basah buatan, *floating treatment wetlands*, atau konsorsium biologis).

Pemodelan sistem pengelolaan AAT dilakukan menggunakan pendekatan IDEF0, dengan tahapan:

- A0: Sistem Pengelolaan AAT.
- Input: AAT dari kegiatan tambang.
- Output: Air netral yang dapat digunakan kembali (*reuse*).
- Control: Regulasi lingkungan, standar kualitas air.
- *Mechanism*: Tanaman lokal fitoremediasi, sistem lahan basah buatan, sensor monitoring.

3. Analisis Data

Analisis dilakukan melalui beberapa pendekatan, yaitu:

- Analisis Efektivitas: Membandingkan kemampuan tanaman dalam menurunkan konsentrasi logam berat dan menaikkan pH.
- Analisis Sistem : Mengevaluasi alur pengelolaan AAT berbasis fitoremediasi dengan diagram IDEF0 untuk menilai integrasi dalam sistem rantai suplai hijau.
- Analisis Teknik Industri: Menilai efisiensi biaya, potensi pengurangan risiko lingkungan, dan kontribusinya terhadap keberlanjutan operasi tambang dalam kerangka *Green Supply Chain Management* (GSCM) dan *circular economy*.
- Analisis SWOT: Memungkinkan peneliti mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan. Dengan demikian, penerapan analisis SWOT pada tahap penelitian berfungsi memperkuat argumen bahwa integrasi fitoremediasi ke dalam

Green Supply Chain Management (GSCM) tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga strategis dalam menghadapi tantangan industri pertambangan modern.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Efektivitas Tanaman Fitoremediasi

Untuk menilai efektivitas fitoremediasi dalam pengelolaan AAT, diperlukan pemahaman mengenai kemampuan berbagai jenis tanaman dalam menyerap logam berat dan menetralkan pH air. Setiap tanaman memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari segi jenis logam yang dapat diserap, tingkat efisiensi, maupun lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi optimal. Beberapa penelitian terdahulu telah menguji efektivitas tanaman lokal seperti Purun Tikus, Eceng Gondok, Pistia, dan Typha, serta mikroalga dalam sistem lahan basah buatan maupun *floating treatment wetland*.

Hasil literatur tersebut dirangkum dalam Tabel 1, yang menampilkan efektivitas berbagai tanaman fitoremediasi dalam menurunkan kadar logam berat dan meningkatkan pH AAT, sekaligus menunjukkan potensi kombinasi antar tanaman untuk menciptakan sistem pengelolaan yang lebih optimal. Tabel berikut merangkum efektivitas berbagai tanaman dalam menurunkan logam berat dan meningkatkan pH air asam tambang berdasarkan studi literatur.

Tabel 1. Efektivitas Tanaman Fitoremediasi dalam Pengelolaan Air Asam Tambang

Tanaman	Logam Utama	Efektivitas	Perubahan pH	Sumber
Purun Tikus (<i>Eleocharis dulcis</i>)	Fe, Mn	Efektif menurunkan Fe & Mn, adaptif di lahan basah	3,2 → 5,3	Yunus & Prihatini (2018)
Kalakai (<i>Stenochlaena palustris</i>)	Fe	Sedang, tanaman pelengkap dalam sistem LBB	2,05 → 2,85	NNPS & Sari (2018)
Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Fe, Cr	Efektif pada kepadatan tinggi, mudah dikelola	Tergantung media	Hartanti et al. (2014)
Pistia stratiotes	Cu, pH	Menurunkan Cu hingga 92%, pH naik dari 4 → 7,3	4 → 7,3 (14 hari)	Novita et al. (2019)
Typha latifolia	Cd, pH	Efisiensi 95–96% penyerapan Cd, BCF > 1000 (hyperakumulator)	4 → 7 (28 hari)	Putri & Moersidik (2021)
Mikroalga (<i>Chlorella</i> , <i>Monoraphidium</i>)	Fe, Mn	Menyerap Fe (89,73%) & Mn (94,53%) dalam 180 menit	Optimal pada pH 5	Adlyn et al. (2024)
Vetiveria zizanioides, Nauclea orientalis	Mn, Fe, pH	Menurunkan Mn 75–90%, menaikkan pH	2,5 → 5,0	Sekarjannah et al. (2023)

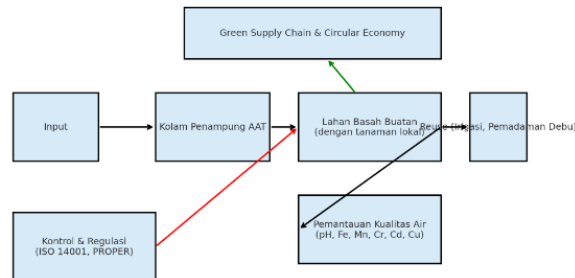
Hasil literatur menunjukkan bahwa Purun Tikus dan Eceng Gondok efektif menyerap Fe dan Mn sehingga cocok dijadikan tanaman utama dalam sistem lahan basah buatan (LBB). *Pistia stratiotes* dan *Typha latifolia* terbukti sebagai *hyperaccumulator* untuk logam Cu dan Cd, dengan efisiensi di atas 90%. Mikroalga memiliki keunggulan dalam kecepatan remediasi (180 menit), meskipun penerapan skala lapangan masih terbatas. Kombinasi berbagai jenis tanaman berpotensi meningkatkan efektivitas fitoremediasi karena sifatnya saling melengkapi. Temuan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan tanaman lokal tidak hanya menurunkan kadar logam berat, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan kualitas air hingga dapat digunakan kembali (*resource efficiency*).

2. Model Sistem Fitoremediasi

Sistem pengelolaan AAT berbasis fitoremediasi dapat dimodelkan melalui beberapa tahapan:

- Pengumpulan AAT di kolam penampung.
- Pengaliran ke LBB yang ditanami kombinasi tanaman lokal (Purun Tikus, Kalakai, Eceng Gondok).
- Pemantauan kualitas air (pH, Fe, Mn, Cr, Cd, Cu) secara berkala.
- Reuse air hasil olahan untuk irigasi tanaman reklamasi atau pemadaman debu tambang.

Model ini menunjukkan integrasi teknologi lingkungan dengan *Green Supply Chain Management* (GSCM), karena memanfaatkan sumber daya lokal, mengurangi biaya bahan kimia, dan menekan potensi pencemaran. Berikut diagram konseptual Model Sistem Pengelolaan Air Asam Tambang Berbasis Fitoremediasi yang terintegrasi dengan *Green Supply Chain Management* (GSCM) dan *circular economy*.



Gambar 1. Model Sistem Pengelolaan Air Asam Tambang Berbasis Fitoremediasi Intergrasi dalam GSCM

Penerapan fitoremediasi dalam pengelolaan Air Asam Tambang (AAT) juga dapat dianalisis menggunakan pendekatan *Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats* (SWOT). Analisis ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai keunggulan internal, keterbatasan, peluang eksternal, serta ancaman yang mungkin dihadapi dalam implementasi sistem fitoremediasi. Dengan menggunakan kerangka SWOT, aspek teknis, lingkungan, ekonomi, dan keberlanjutan dapat diidentifikasi secara lebih sistematis, sehingga mendukung pengambilan keputusan strategis dalam konteks manajemen rantai pasok hijau pertambangan.

Tabel 2. Analisis SWOT Penerapan Fitoremediasi dalam Pengelolaan AAT

Strengths (Kekuatan)	Weaknesses (Kelemahan)
• Biaya rendah & ramah lingkungan	• Efektivitas lebih lambat dibanding metode kimia
• Memanfaatkan sumber daya lokal	• Membutuhkan lahan dan waktu relatif lebih lama
• Mendukung <i>Green Supply Chain</i>	• Sulit dikontrol pada skala industri besar
• Mengurangi risiko pencemaran jangka panjang	• Efisiensi bergantung pada jenis tanaman & kondisi lingkungan

Berdasarkan analisis SWOT, dapat disimpulkan bahwa kekuatan dan peluang fitoremediasi lebih dominan dibandingkan kelemahan dan ancaman yang ada. Fitoremediasi menawarkan biaya operasional rendah, ramah lingkungan, serta mendukung integrasi dengan *Green Supply Chain Management* (GSCM) dan konsep *circular economy*. Peluang pengembangan semakin terbuka dengan adanya dukungan regulasi, program PROPER, serta tren investasi hijau berbasis ESG. Meskipun terdapat tantangan seperti waktu remediasi yang relatif lebih lama dan ketidakpastian pertumbuhan tanaman pada skala industri besar, kelemahan tersebut dapat diminimalkan melalui pemilihan kombinasi tanaman yang tepat, penerapan sistem lahan basah buatan, dan integrasi teknologi monitoring. Dengan demikian, fitoremediasi memiliki prospek kuat untuk menjadi alternatif berkelanjutan dalam pengelolaan AAT sekaligus strategi keunggulan kompetitif bagi perusahaan tambang.

3. Efisiensi dan Perspektif Rantai Pasok Hijau

Dari perspektif teknik industri, sistem fitoremediasi memiliki keunggulan dibandingkan metode kimia, yaitu:

- Efisiensi Biaya: tidak memerlukan bahan kimia mahal, hanya biaya pemeliharaan tanaman.
- Keberlanjutan: tanaman dapat tumbuh kembali secara alami, mendukung *circular economy*.
- Rantai Pasok Hijau: penggunaan tanaman lokal mengurangi ketergantungan pasokan eksternal sehingga menurunkan carbon footprint.
- Regulasi & ESG: sistem mendukung standar ISO 14001 dan PROPER, meningkatkan kepatuhan regulasi serta citra keberlanjutan perusahaan.

Keunggulan tersebut menjadikan fitoremediasi bukan sekadar teknologi pengendalian limbah, melainkan bagian integral dari strategi *Green Supply Chain Management* (GSCM) pada industri tambang.

4. Implikasi Industri

Implementasi fitoremediasi dalam pengelolaan AAT memberikan manfaat ganda. Dari sisi teknis, efektif mengurangi logam berat dan menetralkan pH. Sedangkan dari sisi industri menurunkan risiko pencemaran, memperkuat license to operate, dan meningkatkan daya saing perusahaan melalui kepatuhan ESG (*Environmental, Social, Governance*). Dari sisi sosial, air hasil olahan dapat digunakan kembali untuk kegiatan produktif, sehingga memberi dampak positif pada masyarakat sekitar tambang.

Dari perspektif Teknik Industri, penelitian ini memperkuat hubungan antara pengelolaan lingkungan dan *Green Supply Chain Management* (GSCM). Analisis dilakukan tidak hanya pada efektivitas teknis pengolahan AAT, tetapi juga pada efisiensi biaya operasional, pengurangan risiko pencemaran, serta kontribusi terhadap keberlanjutan rantai suplai tambang. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan decision support system dalam pengambilan keputusan industri pertambangan yang menyeimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan.

4. KESIMPULAN

Fitoremediasi menggunakan tanaman lokal seperti Purun Tikus, Kalakai, Eceng Gondok, Pistia, Typha, serta mikroalga terbukti efektif dalam menurunkan kadar logam berat (Fe, Mn, Cr, Cd, Cu) dan meningkatkan pH air asam tambang. Integrasi sistem fitoremediasi ke dalam *Green Supply Chain Management* (GSCM) memberikan manfaat ganda berupa efisiensi biaya, pengurangan risiko pencemaran, kepatuhan regulasi, dan keberlanjutan operasi tambang. Kombinasi fitoremediasi & mikroalga guna meningkatkan daya serap logam berat. Studi sosial-ekonomi untuk melihat penerimaan masyarakat sekitar tambang terhadap implementasi teknologi hijau ini.

5. REFERENSI

- Addini, N., Cheisviyanny, C., & Setiawan, M. A. (2019). Analisis Pengungkapan Corporate Social Responsibility PT. Aneka Tambang Tbk Berdasarkan Global Reporting Initiatives (GRI) dan Kaitannya Terhadap Proper. *Jurnal Eksplorasi Akuntansi*, 1(3), 922–941.
- Adlyn, C., Rinanti, A., Fachrul, M. F., Minarti, A., Aphirta, S., Marendra, S. M. P., & Sunaryo, T. (2024). Fe and Mn Removal from Acid Mine Drainage by Utilizing Chlorella Sorokiniana and Monoraphidium Neglectum as Biosorbent. *Environmental Research, Engineering and Management*, 80(3), 134–148.
- Assumpção, J. J., Campos, L. M. S., Plaza-Úbeda, J. A., Sehnem, S., & Vazquez-Brust, D. A. (2022). Green supply Chain Management and Business Innovation. *Journal of Cleaner Production*, 367, 132877.
- Fridtiryanda, A., Sutoyo, H. D., & Herniti, D. (2022). Studi Literatur Jenis Tanaman Pengelola Air Asam Tambang Batubara dengan Cara Fitoremediasi pada Sistem Lahan Basah Buatan. *ReTII*, 494–500.
- Habibullah, A., Khamidah, N., & Saputra, R. A. (2021). Pemanfaatan Typha Angustifolia dan Fungi Mikoriza Arbuskular untuk Fitoremediasi Air Asam Tambang. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 17(2), 95–105.
- Hartanti, P. I., Haji, A. T. S., & Wirosoedarmo, R. (2014). Pengaruh Kerapatan Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) terhadap Penurunan Logam Chromium pada Limbah Cair Penyamakan Kulit. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1(2), 31–37.
- Husni, A., & Gumanti, S. (2023). Analisis Biaya Penggunaan Kapur Tohor pada Pengelolaan Air Asam Tambang di IUP Tambang Bangko Barat PT. Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan. *Media STIE Prabumulih*, 7(1), 1–9.
- Maulida, S. A., & Purwanti, I. F. (2023). Kajian Pengolahan Air Asam Tambang Industri Pertambangan Batu Bara dengan Constructed Wetland. *Jurnal Teknik ITS*, 12(1), D46–D51.
- NNPS, R. I. N., & Sari, D. P. (2018). Analisis Nilai Ph dan Konsentrasi Logam Besi (Fe) pada Media Lahan Basah Buatan Aliran Horizontal Bawah Permukaan yang Mengolah Air Saluran Reklamasi. *EnviroScienceteae*, 14(3), 200–210.
- Novita, V. Z., Moersidik, S. S., & Priadi, C. R. (2019). Phytoremediation Potential of Pistia Stratiotes to Reduce High Concentration of Copper (Cu) in Acid Mine Drainage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 355(1), 12063.
- Putri, M. P., & Moersidik, S. S. (2021). Effectiveness of Typha Latifolia for Phytoremediation of Cadmium in Acid Mine Drainage. *Journal of Physics: Conference Series*, 1811(1), 12025.

- Sekarjannah, F. A., Mansur, I., Abidin, Z., & Fauzi, A. M. (2023). Phytoremediation of Acid Mine Drainage with *Melaleuca Cajuputi*, *Nauclea Orientalis*, and *Vetiveria Zizanioides* in Floating Treatment Wetland. *HAYATI Journal of Biosciences*, 30(3), 491–499.
- Srivastava, S. K. (2007). Green Supply Chain Management: A State of The Art Literature Review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53–80.
- Vara Prasad, M. N., & de Oliveira Freitas, H. M. (2003). Metal Hyperaccumulation in Plants: Biodiversity Prospecting for Phytoremediation Technology. *Electronic Journal of Biotechnology*, 6(3), 285–321.
- Yunus, R., & Prihatini, N. S. (2018). 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*, 7(1), 73–85.