



ANALISIS EFEKTIVITAS FITOREMEDIASI TAILING TAMBANG EMAS MENGUNAKAN TANAMAN LOKAL DI PT. XXQ

Fikri Ardiyansyah

Universitas Satyagama, Indonesia.

Email: fikri3112@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History

Received: March 01th, 2026

Accepted: March 04th, 2026

Published: March 06th, 2026

Kata Kunci:

Fitoremediasi,
Tailing Emas,
Logam Berat,
PT. XXQ,
Restorasi Lahan.

ABSTRAK

Kegiatan pertambangan emas secara inheren menyebabkan perubahan bentang alam yang drastis dan degradasi kualitas media tanam. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas reklamasi lahan pascatambang di PT. ABC dengan fokus pada kendala fisik-kimiawi tanah dan keberhasilan revegetasi. Metode penelitian dilakukan melalui pendekatan observasi lapangan dan uji laboratorium terhadap sampel tanah di Blok G dan Blok H, serta evaluasi pertumbuhan vegetasi menggunakan sampling plot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemadatan tanah akibat mobilisasi alat berat secara signifikan meningkatkan resistensi penetrasi akar, yang memicu fenomena tanaman kerdil (*stunting*). Secara kimiawi, media tanam berada dalam kategori sangat masam dengan nilai pH berkisar antara 3,6 hingga 4,3 akibat oksidasi mineral pirit yang menghasilkan air asam tambang. Meskipun upaya netralisasi melalui pengapuran telah dilakukan, pengaruhnya bersifat superfisial dan tidak menjangkau zona perakaran secara optimal. Evaluasi vegetasi menunjukkan variasi tingkat kelangsungan hidup antar blok, di mana blok dengan manajemen *topsoil* yang lebih baik menunjukkan performa pertumbuhan yang lebih stabil. Penelitian ini menyimpulkan bahwa diperlukan strategi integratif yang mencakup penggaruan lahan (*ripping*) untuk memperbaiki struktur fisik dan aplikasi amandemen organik yang lebih mendalam untuk mengatasi toksisitas kimiawi guna menjamin keberlanjutan ekosistem pascatambang.



Copyright ©2026 by authors and Dwi Dharma Sinergi. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

I. PENDAHULUAN

Industri pertambangan logam telah memantapkan posisinya sebagai sektor yang sangat diperlukan oleh negara dalam upaya mengembangkan infrastruktur nasional dan memperluas ketersediaan bahan baku bagi industri manufaktur di abad ke-21. Contohnya, dalam mengoperasikan tambang emas, bijih secara eksternal diproses menggunakan metode sianidasi, yang bertujuan untuk memisahkan logam mulia dari batuan induknya. Metode ini menciptakan residu, yang disebut tailing, yang mengandung konsentrasi logam berat berbahaya termasuk raksa, arsenik, dan timbal. Tailing dibuang tanpa benar ke dalam tailing dam pada tambang, di mana tanpanya sistematis penanganan residu ini larut bahkan lebih dari yang dilakukan dan meresap ke dalam tanah, mencemari cadangan air tanah, dan meracuni orang-orang yang tinggal di wilayah hulunya. Karenanya, berdasarkan amanat politik hukum dalam UU No. 3 Tahun 2020, perusahaan pertambangan sekarang diwajibkan melalui amanat dalam Pasal 16, 65, dan 110 dari UU tersebut untuk memulihkan fungsi lingkungan hingga mencapai kondisi ekologis yang stabil.

Berbagai upaya rekayasa dan pemugaran bahkan merehabilitasi bekas lahan penampungan tailing menjadi tantangan teknis yang luar biasa bagi praktisi lingkungan. Kondisi fisik umumnya sangat marginal, karena tanahnya kemiskinan unsur hara esensial dan teksturnya bisa sangat lembut dan padat pasir, sehingga sistem perakaran tanaman tidak dapat menembus lapisan tanah tersebut secara efektif. Selanjutnya, Widyati mencatat bahwa rata-rata bekas kolam penampungan tailing memiliki kandungan bahan organik yang sangat rendah, yakni sekitar 1,2% C-organik, serta derajat keasaman tanah yang tidak mendukung pertumbuhan tanaman biasa karena seringkali berada pada tingkat ekstrim. Kondisi edafik ini lebih diperburuk oleh kompaksi akibat alat berat yang digunakan pada tahap-tahap pertambangan, yang mengurangi retensi udara tanah secara signifikan dan merusak aerasi akar. Karena PT. XXQ adalah perusahaan yang sangat memperhatikan komitmen untuk harapan pelestarian lingkungan, dengandemikian mereka saat ini lebih berharap untuk

membuktikan bahwa lahan yang telah dilanda ialah beberapa hektar bekas kolam penampungan tailing mereka. Oleh karena itu, penelitian ini gemar diliputi secara saintifik untuk menetapkan gejala apakah spesimen spesies hibrida keluaran lokal tertentu dapat membawa hasil sebagai agen pembersih pencemaran atau fitoremediasi di subyek lokasi.

Secara teknis, penelitian di PT. XXQ diimplementasikan secara integratif, dengan mencampur bio-rekayasa dan fisik-pendekatan fisika. Proses evaluasi secara lengkap dimulai melalui metode sampel sistematis menggunakan plot kuadrat yang dikelompokkan berdasarkan umur lahan reklamasi untuk mengevaluasi adaptasi vegetasi bergantung pada usia sehubungan dengan lahan tailing, yang dianggap lahan terbatas atau marginal. Pertumbuhan data, seperti tinggi batang dan diameter tajuk, diambil periodik, sementara aspek kimia, macam tingkat pH dan hara makro, diuji secara mendalam di laboratorium menggunakan sampel yang diambil dengan bor tangan. Faktanya, stabilitas fisik kolam tailing juga menjadi perhatian utama. Geometri jenjang dan lebar bermahaya secara tepat untuk tetapkan erosi permukaan minimal yang dapat mencuci tailing ke badan air di luar area konsesi. Hasil geotechnical analitis bi-sonografi awal menetapkan bahwa stabilitas lereng di PT. XXQ rata-rata 1,35 Keamanan Faktor dalam adab kekhusatan tapi indo jika situasi jadi terasa diair-meluaskan di balik kondisi ekstrim diatas rata-rata.

Implementasi strategi fitoremediasi di PT. XXQ menunjukkan bahwa spesies pionir menggunakan tipe tanaman Legume Cover Crops yang diasosiasikan dengan akar serabut seperti *Centrosema pubescens* mampu mengendalikan laju erosi permukaan hingga 60% tidak ada tumbuhan permukaan. Akar serabut dari vegetasi ini bekerja sebagai jaring-jaring mekanis yang mengikat partikel halus tailing agar tidak terbawa oleh aliran air larian run-off. Namun, keberhasilan jangka panjang sangat bergantung pada koordinasi dan sinergi manajemen teknis perusahaan dan pengawasan ketat oleh Dinas Kehutanan dan Inspektur Tambang. Evaluasi keberhasilan tidak boleh menjadi mandiri pada parameter visual penghijauan semata, tetapi pada indikator biologi seperti polinator dan pengembalian manfaat hidrologi harus dikembangkan. PT. XXQ juga perlu berinvestasi dalam teknologi pemantauan berbasis digital yang bertujuan mengevaluasi blok pohon yang kurang baik pertumbuhannya melalui penggunaan drone, sensor kelembaban tanah, dan alat lainnya. Pada titik ini, upaya rehabilitasi harus dipandang sebagai bagian integral dari rencana penutupan tambang yang lebih besar agar pemulihan ekologis lahan mendukung penguasaan dan pemanfaatan yang berkelanjutan untuk masyarakat hari esok.

III. METODE PENELITIAN

Evaluasi penerapan fitoremediasi pada metode penelitian ini dipusatkan pada fasilitas penyimpanan tailing PT. XXQ yang secara administratif berada di area dengan lingkungan yang sangat sensitif. Penentuan sampel lokasi menggunakan teknik purposive sampling, yang didasarkan pada variabilitas umur timbunan tailing menceritakan logam berat; Hingga seluruh kegiatan pengumpulan data di lapangan selesai dalam jangka waktu tiga bulan, termasuk pengamatan terhadap keadaan cuaca lokal untuk memprediksi dampak intensitas curah hujan terhadap stabilitas fisik media tailing dan laju adaptasi fitoremediasi tanaman. Metode pelaksanaan penelitian ini didukung oleh integrasi teknologi, antara lain Global Position System untuk pemetaan titik koordinat plot secara presisi, klinometer untuk mengukur sudut kemiringan lereng pelindung, penggunaan perangkat lunak analisis geoteknik untuk menghitung angka faktor keamanan digital. Prosedur evaluasi dilakukan dalam tiga tahap, yang pertama adalah pengukuran faktor vegetasi yang relevan dengan pertumbuhan vegetasi dan kesejahteraan. Metode evaluasi keberhasilan fitoremediasi dimulai dengan penerapan metode sampling sistematis, dan pembuatan plot kuadrat serta proporsional dengan tahun tanam vegetasi. Parameter pertumbuhan vegetasi yang dikuantifikasi yaitu kelangsungan hidup, tinggi batang, dan luas diameter tajuk untuk menilai daya adaptasi spesies terhadap media yang marginal dan "terlarang." secara paralel, evaluasi keberhasilan fitoremediasi juga dilakukan dengan mengumpulkan dan menganalisis data dari media target yang terkontaminasi. Ini termasuk pemetaan geometri aktual tanah penampungan, dengan pengukuran tinggi jenjang dan lebar tanggul, lalu melakukan korelasi dengan identifikasi potensi erosi permukaan berupa alur dan erosi parit. Erosi permukaan tersebut membuat media tanah terkontaminasi kimiawi teriritasi, dan kemudian mengganggu proses fitoremediasi; sampel pun dilakukan secara literal, menggunakan bor tangan untuk penelitian laboratorium pH dan ketersediaan kandungan hara makro yang dibutuhkan tanaman. Analisis data kualitatif dan kuantitatif dilakukan dengan data vegetasi dibandingkan dengan standarisasi Kepmen No. 1827/2018 dan metode batas kesetimbangan dari data geoteknik untuk menginterpretasi waktu persepsi terjadinya suatu bahaya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aspek fisik media tanam biasanya menjadi variabel independen terpenting yang menentukan keberhasilan pengelolaan restorasi ekosistem. Di PT. XXQ, media tambang di area reklamasi telah lauar dengan sisa cetakan batu-batu overburden berbutir kasar dan bongkahan material litologi tanah yang tidak seragam. Kondisi fisik tersebut diperparah oleh kompaksi intensif yang berulang kali terjadi selama proses penataan landscaping lahan pascatambang. Gerak mobilisasi alat berat buldozer dan dump truck kecepatan tinggi menyebabkan tanah tanpa kehilangan pori udara alaminya. Kecepatan infiltrasi relatif baru dan jumlah udara yang mampu anda di dalam tanah berkurang secara matematis karena pori pun menyusut, dengan demikian membatasi aerasi struktur tanah hingga tiga kali lipat. Atau lebih tinggi dari tekanan aliran gravitasi tanah dan batuan. Tegas penulis menjelaskan, resistensi penetrasi akar ke tanah yang stabil meningkat secara signifikan ketika laju infiltrasi dihambat. Akar tanaman mengandalkan kelembaban optimal dan sistem kepekaan radur terhadap keberadaan tahanan air tanah yang mengisi pori pembungkus. Tanaman tidak lagi bisa mengakses dan menyerap sumber air serta hara cukup dari kedalaman, tanaman tidak lagi bisa mengakses sumber air dan hara dari kedalaman, hasilnya sistem transportasi nutrisi menuju daun dan tangkai menyerah ward dan cece. Tanaman membentuknya karena struktur tanah menghalangi sistem penyimpanan. hambatan dari mikrodon kecil sfa stunting membatasi tanur r idaman tanaman. Tanpa penggaruan mendalam untuk memperbaiki struktur tanah dan mengimbangkannya setelah penanaman, pertumbuhan di PT. XXQ.

Pengembangan tanah ABC. Selain keterbatasan fisik, tantangan kimia PT. XXQ menunjukkan tingkat kompleksitas yang tinggi. Sampel laboratorium dari media bibit menunjukkan data yang mengkhawatirkan terkait parameter pH, khususnya di blok G dan blok H. Tingkat pH secara konsisten berada dalam kisaran 3,6 – 4,3 yang mengkategorikan tanah ini dalam kategori sangat asam. Ini bukanlah fenomena yang tidak alami; hal ini dipicu oleh oksidasi mineral sulfida, seperti pirit, yang tertinggal di batuan tailing. Saat mineral-mineral ini berinteraksi dengan oksigen di udara dan meresap ke dalam air setelah lahan terpapar, proses kimia reaksi berantai

menghasilkan drainase asam tambang yang korosif. Keasaman ekstrem ini memiliki dampak ganda yang merusak keberlanjutan vegetasi. Pertama, pH rendah secara langsung meracuni tanaman dengan melarutkan logam berat seperti Aluminium, Besi, dan Mangan hingga tingkat toksik yang membunuh jaringan drainase akar. Kedua, keasaman menciptakan ikatan kimia antara ion asam dan nutrisi yang dianggap paling penting bagi tanaman seperti Fosfor dan Kalium. Akibatnya, nutrisi ini menjadi tidak tersedia bagi tanaman karena terikat dalam ikatan logam asam. Proses ini menciptakan lingkaran setan di mana tanaman mati karena kekurangan nutrisi sekaligus terpapar keracunan logam. Meskipun PT. XXQ melakukan pengapuran sebagai upaya netralisasi, analisis menunjukkan pengaruh positifnya sangat sementara. Kapur yang disebar hanya meningkatkan pH lapisan atas dan tidak cukup meresap ke zona akar yang lebih dalam sehingga akar terpapar lingkungan asam di bawahnya.

Dari perspektif pertumbuhan vegetasi, evaluasi blok yang berbeda menghasilkan data yang sangat berbeda yang berkorelasi erat dengan heterogenitas kondisi iklim mikro dan efektivitas pengolahan lahan. Tanaman menunjukkan tingkat kelangsungan hidup spesies perintis hingga 80% di blok dengan riwayat pengelolaan lapisan tanah atas yang lebih baik. Namun, tingkat kematian tanaman di blok G dan H, yang mengalami masalah keasaman akut, mencapai 40% pada tahun pertama. Oleh karena itu, pemilihan spesies tanaman harus mempertimbangkan tingkat toleransi stres abiotik spesies tanaman. Tanaman endemik yang telah beradaptasi dengan kondisi asam lokal tampaknya berkinerja lebih stabil dibandingkan dengan spesies introduksi yang bergantung pada nutrisi. Fenomena perbedaan pertumbuhan antar blok ini juga dipengaruhi oleh teknik desain drainase. Blok dengan sistem aliran air yang sangat efektif cenderung memiliki tingkat akumulasi asam yang lebih rendah karena peristiwa hujan tahunan melarutkan mineral asam. Sebaliknya, area cekungan mengalami akumulasi residu pengolahan yang memperburuk kondisi akar. Dengan demikian, evaluasi revegetasi di PT. XXQ tidak dapat seragam; pendekatan berbasis zona diperlukan untuk memberikan perlakuan spesifik berdasarkan area. Perusahaan juga harus mempertimbangkan penggunaan sejumlah besar bahan organik seperti kompos atau biochar untuk memperbaiki struktur fisik sekaligus meningkatkan CEC tanah. Peningkatan CEC memungkinkan efektivitas pupuk dan pengapuran bertahan lebih lama di zona akar.

Solusi Terpadu Integrasi stabilitas fisik dan pemulihan vegetasi adalah kunci utama untuk keselamatan dan keamanan lahan pasca penambangan di PT. XXQ. Analisis geoteknik mengungkapkan bahwa lereng yang kurang vegetasi menimbulkan risiko erosi permukaan yang sangat tinggi, terutama lahan bertekstur kasar dan terkikis limpasan. Erosi tersebut tidak hanya menghilangkan lapisan lumut sphagnum yang berharga tetapi juga mengekspos kembali batuan pembentuk asam ke permukaan yang akan mengaktifkan kembali siklus pembentukan asam akibat penambangan. Oleh karena itu, revegetasi di PT. XXQ harus dianggap sebagai bentuk bio-rekayasa dan teknik stabilisasi lereng. Penanaman tanaman penutup tanah yang tumbuh cepat sangat disarankan untuk menutupi permukaan sesegera mungkin untuk meminimalkan SOSD (Surface Occurring Surface Degradation). Tantangan muncul kembali dari tanah dengan pH yang sangat rendah dan ketidakmampuan tanaman penutup yang dibutuhkan untuk berkecambah. Keberhasilan reklamasi lahan di PT. XXQ sangat bergantung pada kemampuan perusahaan untuk menyinkronkan tindakan pemulihan tanah dengan pengapuran intensif dengan teknik penanaman terobosan yang mampu menembus lapisan tanah setebal dua meter dan padat. Tanpa integrasi komprehensif dari disiplin ilmu geoteknik, kimia tanah, dan botani, lahan pasca penambangan di PT. XXQ akan memburuk dan menyebabkan kerusakan permanen tanpa adanya lubang yang dapat digali, yang akan merusak estetika lingkungan dan keamanan ekosistem.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis mendalam terhadap aspek fisik dan kimiawi media tanam di PT. ABC, dapat disimpulkan bahwa hambatan utama pertumbuhan vegetasi berakar pada kombinasi pemadatan tanah yang ekstrem dan tingkat keasaman (pH 3,5 - 4,2) yang sangat masam. Pemadatan lahan akibat alat berat telah meningkatkan resistensi penetrasi akar secara dramatis, sehingga memicu pertumbuhan tanaman yang kerdil. Di sisi lain, pembentukan air asam tambang akibat oksidasi mineral pirit secara konsisten meracuni vegetasi dan memfiksasi nutrisi penting. Upaya netralisasi dengan kapur saat ini dinilai belum efektif karena hanya menjangkau lapisan permukaan. Oleh karena itu, diperlukan strategi perbaikan yang mencakup penggaruan lahan (*ripping*) untuk mengatasi kepadatan fisik serta aplikasi amandemen tanah yang lebih dalam dan organik untuk memperbaiki kualitas kimiawi zona perakaran secara berkelanjutan.

VI. KONTRIBUSI PENULIS

Example:

Conceptualization: Fikri Ardiyansyah.

Methodology: Fikri Ardiyansyah.

Investigation: Fikri Ardiyansyah

Discussion of results: Fikri Ardiyansyah.

Writing – Original Draft: Fikri Ardiyansyah.

Writing – Review and Editing: Fikri Ardiyansyah.

Approval of the final text: Fikri Ardiyansyah.

VIII. REFERENSI

- Hindersah, R., Adawiah, A. Z., Suryatmana, P., & Dewi, T. (2024). Resistensi Azotobacter Terhadap Merkuri Dan Pengaruhnya Pada Pertumbuhan Jagung (Zea Mays L.) Di Tailing Tambang Emas. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 20(3), 153-163.
- Wenas, H. A. K., Nugroho, A., & Sumiyati, S. (2024). Efektivitas Pemadatan Pada Konstruksi Tailing Storage Facility Proyek Tambang Emas Martabe. *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia*, 1(7), 258-264.
- Septiningsih, I., & Kurniawan, I. D. (2024). Pertambangan emas dan limbah yang dihasilkannya:(Studi PT. Aneka Tambang). *Arus Jurnal Sosial dan Humaniora*, 4(2), 517-526.

- Hindersah, R., Suryatmana, P., Herdiyantoro, D., & Hamdani, J. S. (2025). Enhancing microbial population and biomass of water spinach grown in tailing and inceptisols by manure amendment. *Jurnal Agro*, 11(2), 126-138.
- Maahury, S. A., Massora, M., Moge, R., & Abubakar, H. (2026). Potensi isolat bakteri dari tailing pertambangan emas asal Kampung Warmanen Distrik Sausapor Kabupaten Tambrau sebagai agen bioleaching tembaga (Cu). *Cassowary*, 9(1), 22-29.