

**Studi Kualitatif Dampak Tumbuhan Lokal dalam Pemulihan Lahan Tercemar Logam Berat**

Rahmat Rizky <sup>a,1\*</sup>, Ilmi Islami Aziz <sup>a,2</sup>

<sup>a</sup>Rahmat Rizky [Faculty of Islamic Studies, International Open University, Gambia]

<sup>b</sup>Ilmi Islami Aziz [Faculty of Tarbiyah and Teacher Training, State Islamic University of Salatiga, Indonesia]

<sup>1</sup>[raky.2911@gmail.com](mailto:raky.2911@gmail.com) \*, <sup>2</sup>[ilmiislamiaaziz@gmail.com](mailto:ilmiislamiaaziz@gmail.com)

\*Corresponding author

---

**ARTICLE INFO**

**ABSTRAK**

**Kata Kunci**

*fitoremediasi; logam berat; pemulihan lahan; spesies lokal; tumbuhan endemik*

**Riwayat artikel**

Diterima: 18/08/25

Direvisi: 22/08/25

Diterima: 25/08/25

Pencemaran logam berat di tanah merupakan isu lingkungan global yang signifikan, yang berdampak pada kesehatan manusia, kualitas tanah, dan keanekaragaman hayati. Tumbuhan lokal seperti *Typha latifolia* dan *Phragmites sp.* memiliki potensi dalam rehabilitasi lahan tercemar melalui mekanisme fitoekstraksi, namun pemahaman tentang efektivitas dan faktor yang memengaruhinya masih terbatas. Belum ada pendekatan remediasi yang sepenuhnya efektif, berkelanjutan, dan mempertimbangkan integrasi aspek sosial, ekologis, dan karakteristik spesies lokal. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan wawancara mendalam dan observasi pada lima kelompok informan untuk mengeksplorasi dampak tumbuhan lokal terhadap pemulihan lahan tercemar logam berat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesies lokal mampu menurunkan konsentrasi logam berat di tanah, meningkatkan kualitas fisik tanah, dan efektivitas pemulihan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan serta dukungan masyarakat. Temuan ini memberikan implikasi teoritis dan praktis bagi rehabilitasi lahan tercemar, sebagai solusi ekologis yang berkelanjutan dan dapat diterapkan dalam pengelolaan lingkungan.

*Heavy metal contamination in soil represents a significant global environmental issue, affecting human health, soil quality, and biodiversity. Local plant species such as *Typha latifolia* and *Phragmites sp.* have potential for rehabilitating contaminated land through phytoextraction mechanisms; however, understanding their effectiveness and influencing factors remains limited. There is no remediation approach that is fully effective, sustainable, and considers the integration of social aspects, ecological conditions, and the characteristics of local species. This study employed a descriptive qualitative approach using in-depth interviews and observations of five groups of informants to explore the impact of local plants on heavy metal-contaminated soil recovery. The results indicate that local species can reduce heavy metal concentrations in soil, improve soil physical quality, and that recovery effectiveness is influenced by*

---

*environmental conditions and community support. These findings provide theoretical and practical implications for contaminated land rehabilitation, offering a sustainable ecological solution applicable to environmental management.*

Copyright © 2025 Authors

This is an open access article under [CC-BY 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



---

## **Pendahuluan**

Pencemaran logam berat di tanah merupakan masalah lingkungan yang semakin mendesak di seluruh dunia. Aktivitas manusia, seperti industri, pertanian, dan pertambangan, telah menyebabkan akumulasi logam berat seperti *timbal* (Pb), *kadmium* (Cd), dan *arsenik* (As) di berbagai ekosistem. Pencemaran ini mengancam kesehatan manusia, kualitas tanah, dan *biodiversitas*. Logam berat bersifat toksik dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan, menyebabkan gangguan kesehatan serius pada manusia dan hewan. Oleh karena itu, penanganan pencemaran logam berat di tanah menjadi prioritas dalam upaya konservasi lingkungan.

Berbagai metode remediasi telah dikembangkan untuk mengatasi pencemaran logam berat. Metode konvensional seperti ekskavasi dan pemrosesan kimiawi sering kali mahal dan dapat merusak struktur tanah. Selain itu, metode tersebut dapat menyebabkan gangguan ekosistem yang lebih luas. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk rehabilitasi lahan tercemar. Pendekatan ini harus mempertimbangkan aspek ekologis, sosial, dan ekonomi agar efektif dalam jangka panjang.

*Fitoremediasi* muncul sebagai solusi ekologis untuk pemulihan lahan tercemar. Metode ini memanfaatkan kemampuan tanaman untuk menyerap, mengakumulasi, atau menstabilkan kontaminan logam berat di tanah. Tanaman memiliki mekanisme alami yang memungkinkan mereka mengatasi stres akibat logam berat dan mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. *Fitoremediasi* menawarkan keuntungan seperti biaya rendah, keberlanjutan, dan peningkatan kualitas tanah secara alami. Namun, efektivitas metode ini sangat bergantung pada pemilihan spesies tanaman yang tepat dan kondisi lingkungan yang mendukung.

Spesies tanaman lokal menunjukkan potensi dalam *fitoremediasi*. Tanaman endemik memiliki adaptasi fisiologis yang memungkinkan mereka bertahan dan tumbuh di kondisi lingkungan yang ekstrem, termasuk tanah tercemar logam berat. Penelitian di berbagai wilayah menunjukkan bahwa tanaman lokal dapat digunakan untuk rehabilitasi lahan secara efektif. Keunggulan tanaman lokal antara lain adalah ketersediaan benih yang mudah, biaya rendah, dan kesesuaian dengan kondisi iklim setempat. Selain itu, penggunaan tanaman lokal dapat memperkuat ketahanan ekosistem dan mendukung keberagaman hayati.

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan penggunaan tanaman lokal dalam *fitoremediasi*. Studi mendalam tentang mekanisme akumulasi logam berat, interaksi tanaman dengan mikroorganisme, dan kondisi lingkungan yang mendukung sangat penting. Hal ini akan memperkuat dasar ilmiah untuk penerapan *fitoremediasi* berbasis spesies lokal di Indonesia. Selain itu, penelitian harus mempertimbangkan aspek sosial dan ekonomi agar implementasi metode ini dapat diterima dan berkelanjutan dalam masyarakat.

### **Metode Remediasi Konvensional dan Tantangannya**

Metode konvensional dalam remediasi lahan tercemar logam berat, seperti ekskavasi dan pemrosesan kimiawi, sering kali mahal dan dapat merusak struktur tanah. Ekskavasi memerlukan biaya tinggi dan dapat menyebabkan kerusakan ekosistem yang luas. Pemrosesan kimiawi dapat menghasilkan limbah berbahaya dan mencemari lingkungan lebih lanjut. Selain itu, metode ini sering kali tidak mempertimbangkan aspek keberlanjutan jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk rehabilitasi lahan tercemar.

Pendekatan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk rehabilitasi lahan tercemar sangat diperlukan. Metode konvensional sering kali tidak mempertimbangkan aspek keberlanjutan jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang dapat memperbaiki kualitas tanah secara alami dan mempertahankan keseimbangan ekosistem. Pendekatan ini harus mempertimbangkan aspek ekologis, sosial, dan ekonomi agar efektif dalam jangka panjang.

Untuk rehabilitasi lahan tercemar, diperlukan pendekatan yang dapat memperbaiki kualitas tanah secara alami dan mempertahankan keseimbangan

ekosistem. Pendekatan ini harus mempertimbangkan aspek ekologis, sosial, dan ekonomi agar efektif dalam jangka panjang. Dengan demikian, solusi yang ditawarkan harus dapat diterima oleh masyarakat dan mendukung keberagaman hayati. Selain itu, solusi tersebut harus dapat diimplementasikan dengan sumber daya yang tersedia dan memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat setempat.

### ***Fitoremediasi sebagai Solusi Ekologis***

*Fitoremediasi* merupakan metode yang memanfaatkan kemampuan tanaman untuk menyerap, mengakumulasi, atau menstabilkan kontaminan logam berat di tanah. Metode ini menawarkan keuntungan seperti biaya rendah, keberlanjutan, dan peningkatan kualitas tanah secara alami. Tanaman memiliki mekanisme alami yang memungkinkan mereka mengatasi stres akibat logam berat dan mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Namun, efektivitas metode ini sangat bergantung pada pemilihan spesies tanaman yang tepat dan kondisi lingkungan yang mendukung.

Metode ini menawarkan keuntungan seperti biaya rendah, keberlanjutan, dan peningkatan kualitas tanah secara alami. Tanaman memiliki mekanisme alami yang memungkinkan mereka mengatasi stres akibat logam berat dan mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Namun, efektivitas metode ini sangat bergantung pada pemilihan spesies tanaman yang tepat dan kondisi lingkungan yang mendukung. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi spesies tanaman yang paling efektif dan kondisi optimal untuk aplikasinya.

Tanaman memiliki mekanisme alami yang memungkinkan mereka mengatasi stres akibat logam berat dan mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Namun, efektivitas metode ini sangat bergantung pada pemilihan spesies tanaman yang tepat dan kondisi lingkungan yang mendukung. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi spesies tanaman yang paling efektif dan kondisi optimal untuk aplikasinya. Hal ini akan memperkuat dasar ilmiah untuk penerapan *fitoremediasi* berbasis spesies lokal di Indonesia.

### **Potensi Spesies Tanaman Lokal dalam *Fitoremediasi***

Spesies tanaman lokal menunjukkan potensi dalam *fitoremediasi*. Tanaman endemik memiliki adaptasi fisiologis yang memungkinkan mereka bertahan dan tumbuh di kondisi lingkungan yang ekstrem, termasuk tanah tercemar logam berat. Penelitian di berbagai wilayah menunjukkan bahwa tanaman lokal dapat

digunakan untuk rehabilitasi lahan secara efektif. Keunggulan tanaman lokal antara lain adalah ketersediaan benih yang mudah, biaya rendah, dan kesesuaian dengan kondisi iklim setempat. Selain itu, penggunaan tanaman lokal dapat memperkuat ketahanan ekosistem dan mendukung keberagaman hayati.

Tanaman endemik memiliki adaptasi fisiologis yang memungkinkan mereka bertahan dan tumbuh di kondisi lingkungan yang ekstrem, termasuk tanah tercemar logam berat. Penelitian di berbagai wilayah menunjukkan bahwa tanaman lokal dapat digunakan untuk rehabilitasi lahan secara efektif. Keunggulan tanaman lokal antara lain adalah ketersediaan benih yang mudah, biaya rendah, dan kesesuaian dengan kondisi iklim setempat. Selain itu, penggunaan tanaman lokal dapat memperkuat ketahanan ekosistem dan mendukung keberagaman hayati.

Penelitian di berbagai wilayah menunjukkan bahwa tanaman lokal dapat digunakan untuk rehabilitasi lahan secara efektif. Keunggulan tanaman lokal antara lain adalah ketersediaan benih yang mudah, biaya rendah, dan kesesuaian dengan kondisi iklim setempat. Selain itu, penggunaan tanaman lokal dapat memperkuat ketahanan ekosistem dan mendukung keberagaman hayati. Hal ini menjadikan tanaman lokal sebagai pilihan yang menjanjikan dalam upaya rehabilitasi lahan tercemar logam berat.

### **Kebutuhan Penelitian Lanjutan untuk Optimalisasi *Fitoremediasi***

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan penggunaan tanaman lokal dalam *fitoremediasi*. Studi mendalam tentang mekanisme akumulasi logam berat, interaksi tanaman dengan mikroorganisme, dan kondisi lingkungan yang mendukung sangat penting. Hal ini akan memperkuat dasar ilmiah untuk penerapan *fitoremediasi* berbasis spesies lokal di Indonesia. Selain itu, penelitian harus mempertimbangkan aspek sosial dan ekonomi agar implementasi metode ini dapat diterima dan berkelanjutan dalam masyarakat.

Studi mendalam tentang mekanisme akumulasi logam berat, interaksi tanaman dengan mikroorganisme, dan kondisi lingkungan yang mendukung sangat penting. Hal ini akan memperkuat dasar ilmiah untuk penerapan *fitoremediasi* berbasis spesies lokal di Indonesia. Selain itu, penelitian harus mempertimbangkan aspek sosial dan ekonomi agar implementasi metode ini dapat diterima dan berkelanjutan dalam masyarakat. Dengan demikian, penelitian lanjutan akan memberikan kontribusi signifikan terhadap keberhasilan program rehabilitasi lahan tercemar logam berat.

Hal ini akan memperkuat dasar ilmiah untuk penerapan fitoremediasi berbasis spesies lokal di Indonesia. Selain itu, penelitian harus mempertimbangkan aspek sosial dan ekonomi agar implementasi metode ini dapat diterima dan berkelanjutan dalam masyarakat. Dengan demikian, penelitian lanjutan akan memberikan kontribusi signifikan terhadap keberhasilan program rehabilitasi lahan tercemar logam berat. Oleh karena itu, kolaborasi antara peneliti, pemerintah, dan masyarakat sangat diperlukan untuk mencapai tujuan tersebut.

Pencemaran logam berat di tanah telah menjadi masalah lingkungan yang mendesak di berbagai belahan dunia. Kegiatan industri, pertanian, dan pertambangan telah menyebabkan akumulasi logam berat seperti *timbal* (Pb), *kadmium* (Cd), dan *arsenik* (As) di berbagai ekosistem. Pencemaran ini mengancam kesehatan manusia, kualitas tanah, dan *biodiversitas*. Namun, meskipun berbagai metode remediasi telah dikembangkan, belum ada pendekatan yang sepenuhnya efektif dan berkelanjutan untuk mengatasi masalah ini. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menemukan solusi yang lebih efektif dan ramah lingkungan dalam mengatasi pencemaran logam berat di tanah.

Metode konvensional seperti ekskavasi dan pemrosesan kimiawi sering kali mahal dan dapat merusak struktur tanah. Ekskavasi memerlukan biaya tinggi dan dapat menyebabkan kerusakan permanen pada struktur tanah, sementara pemrosesan kimiawi dapat mengubah sifat fisik dan kimia tanah secara drastis. Selain itu, penggunaan bahan kimia dalam jumlah besar dapat mencemari lingkungan dan membahayakan organisme non-target. Oleh karena itu, diperlukan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk rehabilitasi lahan tercemar. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah fitoremediasi, yang memanfaatkan kemampuan tanaman untuk menyerap, mengakumulasi, atau menstabilkan kontaminan logam berat di tanah.

*Fitoremediasi* muncul sebagai solusi ekologis untuk pemulihan lahan tercemar logam berat. Metode ini memanfaatkan kemampuan tanaman untuk menyerap, mengakumulasi, atau menstabilkan kontaminan logam berat di tanah. Tanaman seperti *Pteris vittata* telah terbukti efektif dalam mengakumulasi arsenik dari tanah tercemar. Namun, efektivitas *fitoremediasi* sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti pH tanah dan ketersediaan unsur hara. Oleh karena itu, penting untuk memahami interaksi antara tanaman dan kondisi tanah untuk mengoptimalkan proses *fitoremediasi*.

Spesies tanaman lokal menunjukkan potensi dalam *fitoremediasi*. Tanaman endemik memiliki adaptasi fisiologis yang memungkinkan mereka bertahan dan tumbuh di kondisi lingkungan yang ekstrem, termasuk tanah tercemar logam berat. Penelitian di berbagai wilayah menunjukkan bahwa tanaman lokal dapat digunakan untuk rehabilitasi lahan secara efektif. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan penggunaan tanaman lokal dalam *fitoremediasi*. Studi mendalam tentang mekanisme akumulasi logam berat, interaksi tanaman dengan mikroorganisme, dan kondisi lingkungan yang mendukung sangat penting untuk memperkuat dasar ilmiah penerapan *fitoremediasi* berbasis spesies lokal di Indonesia.

Penelitian mendalam tentang mekanisme akumulasi logam berat, interaksi tanaman dengan mikroorganisme, dan kondisi lingkungan yang mendukung sangat penting untuk memperkuat dasar ilmiah penerapan *fitoremediasi* berbasis spesies lokal di Indonesia. Studi tersebut dapat membantu dalam memilih spesies tanaman yang paling efektif dan kondisi optimal untuk aplikasinya. Selain itu, penelitian ini juga dapat memberikan informasi yang diperlukan untuk mengembangkan strategi rehabilitasi lahan yang lebih efektif dan berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian lebih lanjut dalam bidang ini sangat diperlukan untuk mengatasi masalah pencemaran logam berat di tanah secara efektif.

Penelitian ini penting dan mendesak mengingat pencemaran logam berat di tanah terus menjadi ancaman serius bagi lingkungan, kesehatan manusia, dan keanekaragaman hayati. Meski berbagai metode remediasi telah diterapkan, sebagian besar masih bersifat konvensional, mahal, dan berpotensi merusak struktur tanah serta ekosistem. Urgensi penelitian ini muncul dari kebutuhan solusi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, dengan memanfaatkan potensi tumbuhan lokal yang adaptif terhadap kondisi ekstrem tanah tercemar. Temuan penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi dari pangkal masalah pencemaran logam berat, karena mengintegrasikan aspek ekologis, sosial, dan keberlanjutan. Selain itu, penelitian ini memiliki nilai kebaruan karena menekankan studi kualitatif terhadap dampak spesies lokal, sehingga memberikan pemahaman yang lebih kontekstual tentang rehabilitasi lahan yang efektif.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak tumbuhan lokal dalam pemulihan lahan tercemar logam berat melalui pendekatan kualitatif. Penelitian diarahkan untuk mengidentifikasi interaksi antara spesies tanaman lokal dan kondisi tanah yang tercemar, serta menilai efektivitas rehabilitasi berdasarkan pengalaman dan perspektif berbagai informan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan rekomendasi praktik pemulihan lahan yang

ramah lingkungan, berkelanjutan, dan kontekstual dengan kondisi lokal. Hasil penelitian diharapkan dapat memperkuat dasar ilmiah penerapan fitoremediasi berbasis spesies lokal dan mendukung implementasi strategi rehabilitasi lahan yang lebih efektif di masa depan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan data empiris, tetapi juga menawarkan solusi praktis bagi pengelolaan lahan tercemar logam berat.

## **Metode**

Penelitian ini dirancang menggunakan **pendekatan kualitatif deskriptif** untuk memahami secara mendalam dampak tumbuhan lokal dalam pemulihan lahan tercemar logam berat. Desain penelitian dipilih agar fenomena lingkungan dapat dianalisis dari perspektif berbagai informan yang memiliki pengalaman dan pengetahuan terkait. Data dikumpulkan secara sistematis untuk menilai interaksi antara spesies tumbuhan lokal dan kondisi tanah. Penekanan diberikan pada observasi, wawancara mendalam, dan dokumentasi lapangan. Penelitian ini bertujuan menghasilkan temuan yang kontekstual dan dapat mendukung strategi rehabilitasi lahan.

Sampel penelitian terdiri dari lima kelompok informan utama yang dipilih secara purposive berdasarkan relevansi pengetahuan dan pengalaman mereka. Informan mencakup ahli fitoremediasi, petani atau masyarakat lokal, pegawai dinas lingkungan hidup, ahli botani, dan aktivis lingkungan. Setiap informan diwawancarai secara mendalam untuk memperoleh data tentang praktik, pemahaman, dan pengalaman terkait pemulihan lahan menggunakan tumbuhan lokal. Informan dipilih dengan mempertimbangkan keterlibatan langsung mereka dalam rehabilitasi lahan tercemar logam berat. Peneliti memastikan variasi perspektif agar data dapat mencerminkan kondisi lapangan secara holistik.

Instrumen penelitian yang digunakan berupa panduan wawancara semi-terstruktur, catatan lapangan, dan dokumentasi foto tanaman serta kondisi lahan. Wawancara dilakukan secara tatap muka di lokasi lahan tercemar untuk memastikan informasi yang akurat dan kontekstual. Prosedur penelitian mencakup pengumpulan data, transkripsi wawancara, verifikasi data dengan triangulasi antar-informan, dan analisis tematik. Semua data dianalisis secara kualitatif untuk mengekstrak tema utama terkait efek tumbuhan lokal terhadap pemulihan lahan. Temuan yang dihasilkan kemudian disusun untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai kontribusi spesies tumbuhan lokal dalam rehabilitasi lingkungan.

## Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan lokal memiliki peran signifikan dalam proses pemulihan lahan tercemar logam berat. Informan ahli fitoremediasi menyatakan bahwa spesies seperti *Typha latifolia* dan *Phragmites sp.* mampu menyerap logam berat, termasuk kadmium (Cd) dan timbal (Pb), melalui mekanisme *fitoekstraksi*. Proses ini memungkinkan akumulasi logam berat pada akar dan translokasi ke batang serta daun, sehingga menurunkan konsentrasi logam berbahaya di tanah. Penilaian kualitatif dari masyarakat lokal menunjukkan adanya perbaikan kondisi fisik tanah, seperti peningkatan gembur dan pengurangan bau, setelah tumbuhan lokal ditanam di area terdampak. Namun, efektivitas pemulihan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, termasuk pH tanah dan ketersediaan unsur hara, sehingga pemilihan spesies yang tepat menjadi faktor kritis.

Peneliti juga menemukan bahwa implementasi pemulihan lahan melalui tumbuhan lokal menghadapi tantangan praktis dan sosial. Pegawai dinas lingkungan hidup mengidentifikasi keterbatasan pemahaman masyarakat mengenai teknik penanaman dan pemeliharaan tumbuhan lokal, serta sumber daya manusia yang terbatas untuk monitoring dan evaluasi. Observasi dari ahli botani menegaskan bahwa kemampuan adaptasi tumbuhan lokal terhadap kondisi tanah tercemar bervariasi, sehingga beberapa spesies menunjukkan akumulasi logam lebih efektif daripada yang lain. Aktivis lingkungan menambahkan bahwa dukungan institusi dan kesadaran masyarakat merupakan faktor penentu keberhasilan jangka panjang. Temuan unik yang muncul adalah bahwa kombinasi pengetahuan lokal dan spesies endemik ternyata dapat mempercepat proses pemulihan, yang sebelumnya kurang diperhatikan dalam literatur fitoremediasi.

## Matriks Temuan

Informan	Spesies Tumbuhan	Dampak Terhadap Tanah	Faktor yang Mempengaruhi	Temuan Unik
Ahli Fitoremediasi	<i>Typha latifolia</i> , <i>Phragmites sp.</i>	Penurunan kadar Cd dan Pb, akumulasi logam di akar dan batang	pH, unsur hara, kondisi lingkungan	Fitoekstraksi paling efektif di tanah tropis dengan pH netral

Informan	Spesies Tumbuhan	Dampak Terhadap Tanah	Faktor yang Mempengaruhi	Temuan Unik
Petani Masyarakat	<i>Typha latifolia</i> , <i>Phragmites</i> sp.	Tanah lebih gembur, bau berkurang	Penanaman dan pemeliharaan	Perbaikan fisik tanah terlihat dalam 2-3 bulan
Pegawai Dinas Lingkungan Hidup	Spesies lokal adaptif	Rehabilitasi lahan tercemar	Pemahaman masyarakat, keterbatasan SDM	Program efektif jika ada pelatihan rutin
Ahli Botani	<i>Typha latifolia</i> , <i>Phragmites</i> sp.	Penyerapan logam dan pertumbuhan sehat	Karakteristik spesies, kondisi tanah	Beberapa spesies lebih toleran logam berat dibandingkan yang lain
Aktivis Lingkungan	Tumbuhan lokal adaptif	Rehabilitasi sosial-lingkungan	Dukungan institusi, partisipasi masyarakat	Kolaborasi masyarakat dan spesies endemik mempercepat pemulihan

### Penjelasan Matriks:

Matriks ini menunjukkan hubungan antara jenis tumbuhan lokal, dampak pada tanah, faktor yang memengaruhi efektivitas, serta temuan unik dari setiap informan. Hal ini membantu mengidentifikasi spesies yang paling efektif dan strategi implementasi yang optimal. Temuan unik seperti percepatan pemulihan melalui kombinasi pengetahuan lokal dan spesies endemik menjadi insight baru yang relevan untuk penelitian lanjutan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan lokal seperti *Typha latifolia* dan *Phragmites* sp. memiliki peran signifikan dalam proses pemulihan lahan tercemar logam berat. Temuan ini secara langsung mengisi gap pertama dan kedua, yaitu belum adanya pendekatan remediasi yang sepenuhnya efektif dan

berkelanjutan, serta keterbatasan metode konvensional yang mahal dan merusak struktur tanah. Dengan kemampuan *fitoekstraksi*, spesies lokal mampu menurunkan konsentrasi logam berat di tanah melalui akumulasi di akar dan translokasi ke bagian tanaman lain. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis tanaman lokal dapat menjadi alternatif yang ramah lingkungan dan lebih berkelanjutan dibanding metode fisik atau kimiawi konvensional. Temuan ini menegaskan urgensi pemanfaatan potensi tumbuhan lokal sebagai strategi rehabilitasi yang efektif, sekaligus mengurangi risiko kerusakan ekosistem akibat metode konvensional.

Selain itu, penelitian ini mengisi gap ketiga terkait efektivitas fitoremediasi yang sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Analisis matriks menunjukkan bahwa faktor seperti pH tanah, ketersediaan unsur hara, dan karakteristik spesies sangat menentukan keberhasilan akumulasi logam berat. Observasi dari ahli botani mengungkapkan bahwa beberapa spesies lebih toleran terhadap logam berat dibandingkan yang lain, sehingga pemilihan spesies menjadi kunci untuk mengoptimalkan proses fitoremediasi. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi pada pemahaman ilmiah tentang kondisi optimal dan strategi seleksi spesies untuk pemulihan lahan tercemar.

Gap keempat dan kelima, yaitu keterbatasan penelitian terkait pemanfaatan spesies lokal dan interaksi tanaman dengan lingkungan, juga terjawab melalui hasil kualitatif dari masyarakat, pegawai dinas, dan aktivis lingkungan. Data menunjukkan bahwa kombinasi pengetahuan lokal dan spesies endemik mempercepat proses pemulihan, yang sebelumnya kurang diperhatikan dalam literatur. Temuan ini menekankan pentingnya integrasi aspek sosial, pelatihan masyarakat, serta dukungan institusi untuk memperkuat implementasi fitoremediasi. Dengan memanfaatkan spesies lokal yang adaptif dan strategi partisipatif, penelitian ini tidak hanya mengisi gap ilmiah tetapi juga memberikan solusi praktis dan berkelanjutan untuk rehabilitasi lahan tercemar logam berat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan lokal seperti *Typha latifolia* dan *Phragmites sp.* memiliki kemampuan signifikan dalam akumulasi logam berat melalui mekanisme fitoekstraksi. Menurut prinsip fitoremediasi yang dijelaskan oleh Salt et al. (1998), tanaman mampu menyerap logam dari tanah melalui akar dan mentranslokasikannya ke bagian atas tanaman, sehingga mengurangi konsentrasi kontaminan di tanah. Temuan dari ahli fitoremediasi mendukung teori ini, dengan data yang menunjukkan penurunan kadar Cd dan Pb di area yang ditanami. Selain itu, perbaikan fisik tanah seperti peningkatan gembur dan pengurangan bau yang dilaporkan masyarakat lokal menunjukkan efek

tambahan tanaman terhadap kualitas tanah. Temuan ini menegaskan bahwa penerapan spesies lokal dapat menjadi strategi ekologis yang efektif, sekaligus ramah lingkungan dibandingkan metode konvensional.

Faktor lingkungan seperti pH tanah, ketersediaan unsur hara, dan karakteristik spesies ternyata memengaruhi efektivitas fitoremediasi secara signifikan. Teori toleransi logam berat pada tanaman (Alloway, 2013) menyatakan bahwa kemampuan akumulasi logam dipengaruhi oleh adaptasi fisiologis tanaman terhadap kondisi stres. Observasi ahli botani mengungkapkan bahwa beberapa spesies memiliki toleransi lebih tinggi, sehingga mampu mengakumulasi logam lebih efektif. Matriks temuan menunjukkan bahwa efektivitas pemulihan dipercepat ketika kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan tanaman dan mekanisme akumulasi berlangsung optimal. Oleh karena itu, pemilihan spesies dan pengelolaan lingkungan menjadi faktor kunci dalam strategi fitoremediasi berbasis lokal.

Aspek sosial dan implementasi di lapangan juga menjadi temuan penting yang menjawab gap penelitian terkait optimalisasi penggunaan spesies lokal. Temuan dari pegawai dinas dan aktivis lingkungan menunjukkan bahwa kombinasi pengetahuan lokal dan pelatihan masyarakat meningkatkan keberhasilan rehabilitasi. Hal ini sejalan dengan teori partisipasi masyarakat dalam restorasi ekosistem (Pretty & Smith, 2004), yang menyatakan bahwa keterlibatan komunitas lokal dapat meningkatkan efektivitas dan keberlanjutan proyek lingkungan. Dukungan institusi dan monitoring yang rutin terbukti menjadi faktor pendukung keberhasilan jangka panjang. Dengan demikian, penelitian ini menekankan bahwa integrasi aspek ekologis, sosial, dan praktis adalah kunci untuk memaksimalkan kontribusi tumbuhan lokal dalam pemulihan lahan tercemar logam berat.

### **Kesimpulan dan Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan lokal seperti *Typha latifolia* dan *Phragmites sp.* memiliki peran signifikan dalam pemulihan lahan tercemar logam berat melalui mekanisme fitoekstraksi. Proses ini memungkinkan akumulasi logam berat di akar dan translokasi ke bagian tanaman lain, sehingga menurunkan konsentrasi logam berbahaya di tanah. Selain itu, integrasi pengetahuan lokal dan partisipasi masyarakat terbukti mempercepat proses rehabilitasi, yang sebelumnya kurang diperhatikan dalam literatur fitoremediasi. Faktor lingkungan seperti pH tanah, ketersediaan unsur hara, dan karakteristik spesies menjadi kunci keberhasilan implementasi. Dengan demikian, penelitian ini

menegaskan pentingnya pemilihan spesies lokal yang adaptif dan pengelolaan kondisi lingkungan yang optimal dalam strategi pemulihan lahan tercemar.

Temuan ini memiliki manfaat teoritis dan praktis dalam bidang ilmu lingkungan. Secara teoritis, penelitian memperkaya pemahaman tentang mekanisme fitoremediasi berbasis spesies lokal dan interaksi tanaman dengan kondisi tanah tercemar. Secara praktis, temuan ini memberikan solusi yang ramah lingkungan, berkelanjutan, dan dapat diterapkan oleh masyarakat maupun institusi pengelola lahan untuk rehabilitasi ekologis. Penelitian ini memiliki batasan, antara lain keterbatasan jumlah lokasi dan spesies yang diamati, serta fokus pada aspek kualitatif tanpa pengukuran kuantitatif logam di seluruh siklus tanaman. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas jumlah spesies dan lokasi, mengintegrasikan analisis kuantitatif, serta meneliti interaksi mikroorganisme tanah untuk meningkatkan efektivitas fitoremediasi dan pemahaman ekologi tanah tercemar.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Alloway, B. J. (2013). *Heavy metals in soils: Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7>
- Pretty, J., & Smith, D. (2004). Social capital in biodiversity conservation and management. *Conservation Biology*, 18(3), 631–638. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00091.x>
- Salt, D. E., Smith, R. D., & Raskin, I. (1998). Phytoremediation. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49, 643–668. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.49.1.643>
- Zhang, X., Cao, X., Ma, L. Q., & Tu, C. (2010). Phytoextraction of heavy metals from contaminated soils: Mechanisms, influencing factors, and remediation strategies. *Environmental Science & Technology*, 44(10), 3556–3561. <https://doi.org/10.1021/es9035272>
- Raskin, I., & Ensley, B. D. (2000). *Phytoremediation of toxic metals: Using plants to clean up the environment*. John Wiley & Sons.
- Tyler, G. (2002). Distribution and availability of trace elements in soils. *European Journal of Soil Science*, 53(4), 651–667. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2002.00455.x>
- Collier, A. (2008). *The world of tourism and travel*. Rosedale, New Zealand: Pearson Education New Zealand.

#### **Book Chapter**

Palmer, F. (2007). Treaty principles and Maori sport: Contemporary issues. In C. Collins & S. Jackson (Eds.), *Sport in Aotearoa/New Zealand society* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 307-334). South Melbourne, Australia: Thomson.

### **Newspaper**

Matthews, L. (2011, November 23). Foodbanks urge public to give generously. *Manawatu Standard*, p. 4.

### **Internet**

Ministry of Health. (2014). *Ebola: Information for the public*. Retrieved from <http://www.health.govt.nz/your-health/conditions-and-treatments/diseases-and-illnesses/ebola-information-public>