

**EDUKASI PEMANFAATAN TANAH MANGROVE SEBAGAI
PENGHASIL AGEN BIOREMEDIASI LOGAM BERAT
(CU DAN HG)**



um surabaya
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA

**Fakultas Ilmu
Kesehatan**

Oleh :

1. Vella Rohmayani, S.Pd., M.Si
2. Holy Ichda Wahyuni, S.Pd., M.Si
3. Sherley Agustina
4. Lilik

Program Studi D4 Teknologi Laboratorium Medis

Fakultas Ilmu Kesehatan

Universitas Muhammadiyah Surabaya

Tahun 2023-2024

ABSTRAK

Latar Belakang: Ekosistem mangrove memiliki fungsi ekologis penting dalam menjaga kualitas lingkungan pesisir dan berpotensi mendukung proses remediasi lingkungan yang tercemar. Pencemaran logam berat seperti tembaga (Cu) dan merkuri (Hg) menjadi permasalahan lingkungan karena bersifat persisten dan dapat terakumulasi dalam sedimen maupun organisme. Tanaman mangrove dan mikroorganisme yang berasosiasi dengan tanah mangrove memiliki kemampuan menyerap, mengakumulasi, mengimobilisasi, serta mentransformasi logam berat sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai agen bioremediasi. **Tujuan:** Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan pemahaman peserta mengenai potensi tanah mangrove sebagai sumber agen bioremediasi dalam membantu mengurangi pencemaran logam berat Cu dan Hg pada lingkungan pesisir. **Metode:** Kegiatan dilaksanakan melalui metode edukasi partisipatif yang meliputi persiapan, koordinasi, observasi awal, penyusunan materi, pelaksanaan edukasi, diskusi dan tanya jawab, evaluasi, serta analisis hasil secara deskriptif. Materi edukasi meliputi karakteristik dan sumber pencemaran Cu dan Hg, dampak logam berat terhadap lingkungan, fungsi ekosistem mangrove, serta potensi tanaman dan mikroorganisme yang berasosiasi dengan tanah mangrove dalam proses bioremediasi. **Hasil:** Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan pemahaman peserta setelah diberikan edukasi. Peserta mampu memahami karakteristik, sumber, dan dampak pencemaran logam berat Cu dan Hg, fungsi ekosistem mangrove, serta potensi tanah mangrove dan mikroorganisme dalam membantu mengurangi pencemaran logam berat. Peserta juga menunjukkan pemahaman yang lebih baik mengenai pentingnya menjaga kelestarian ekosistem mangrove sebagai bagian dari upaya pengelolaan lingkungan pesisir. **Kesimpulan:** Edukasi mengenai pemanfaatan tanah mangrove sebagai penghasil agen bioremediasi logam berat Cu dan Hg dapat meningkatkan pengetahuan dan pemahaman peserta mengenai potensi ekosistem mangrove dalam mendukung pengelolaan pencemaran lingkungan pesisir. Pemantauan kadar logam berat dan penelitian lebih lanjut mengenai mikroorganisme yang berpotensi sebagai agen bioremediasi diperlukan untuk mendukung pemanfaatan mangrove secara berkelanjutan.

Kata kunci: mangrove, bioremediasi, logam berat, tembaga (Cu), merkuri (Hg)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga proposal/laporan kegiatan yang berjudul “Edukasi Pemanfaatan Tanah Mangrove Sebagai Penghasil Agen Bioremediasi Logam Berat (Cu Dan Hg)” dapat diselesaikan dengan baik. Kegiatan ini disusun sebagai salah satu bentuk edukasi mengenai potensi lingkungan mangrove dalam membantu mengurangi pencemaran logam berat di wilayah pesisir. Ekosistem mangrove memiliki kemampuan dalam menyerap, mengakumulasi, dan menahan berbagai kontaminan sehingga memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam upaya pemulihan lingkungan.

Logam berat seperti tembaga (Cu) dan merkuri (Hg) merupakan kontaminan yang dapat ditemukan pada ekosistem pesisir akibat berbagai aktivitas antropogenik. Logam berat bersifat persisten dan dapat terakumulasi dalam sedimen serta organisme sehingga berpotensi menimbulkan dampak terhadap ekosistem dan kesehatan manusia. Mangrove diketahui mampu mengakumulasi logam berat terutama pada bagian akar dan sedimen di sekitar perakaran, sehingga dapat berperan dalam proses fitoremediasi lingkungan pesisir (Rahman et al., 2024; Koka et al., 2025).

Penulis menyadari bahwa proposal/laporan ini masih memiliki kekurangan dalam penyusunan maupun penyajiannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan proposal/laporan ini. Semoga kegiatan edukasi ini dapat memberikan manfaat bagi peserta dalam meningkatkan pengetahuan mengenai fungsi ekosistem mangrove serta potensinya sebagai bagian dari upaya bioremediasi logam berat Cu dan Hg di lingkungan pesisir.

Surabaya, September 2024

Tim Pengabdian

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	3
A. LATAR BELAKANG	5
B. RUMUSAN MASALAH	5
C. TUJUAN KEGIATAN	7
E. MANFAAT	7
F. METODE PELAKSANAAN YANG TELAH DILAKUKAN	7
1. Pelaksanaan Kegiatan	9
2. Hasil Evaluasi Pengetahuan	10
3. Hasil Observasi.....	11
4. Diskusi.....	11
H. KESIMPULAN DAN SARAN	11
J. LAMPIRAN.....	13

A. LATAR BELAKANG

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang memiliki fungsi ekologis penting, antara lain sebagai habitat berbagai organisme, pelindung wilayah pesisir, penyimpan karbon, serta penyaring berbagai bahan pencemar. Keberadaan mangrove juga berperan dalam mempertahankan kualitas lingkungan pesisir melalui interaksi antara vegetasi, sedimen, mikroorganisme, dan air. Kondisi tersebut menjadikan ekosistem mangrove memiliki potensi dalam mendukung proses remediasi lingkungan yang tercemar.

Pencemaran logam berat menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang perlu mendapatkan perhatian karena logam berat memiliki sifat persisten dan tidak dapat terdegradasi secara alami seperti senyawa organik. Tembaga (Cu) dan merkuri (Hg) merupakan contoh logam yang dapat masuk ke lingkungan perairan melalui aktivitas industri, domestik, pertambangan, transportasi, dan aktivitas manusia lainnya. Hasil kajian sistematis menunjukkan bahwa aktivitas industri dan perubahan penggunaan lahan merupakan sumber penting pencemaran logam berat pada ekosistem mangrove, sedangkan sedimen menjadi salah satu komponen lingkungan yang paling banyak diteliti terkait akumulasi logam berat (Koka et al., 2024).

Keberadaan logam berat dalam lingkungan pesisir dapat memberikan dampak negatif terhadap organisme dan keseimbangan ekosistem. Merkuri memiliki perhatian khusus karena dapat mengalami proses transformasi menjadi metilmerkuri dalam kondisi tertentu pada sedimen mangrove. Proses tersebut dipengaruhi oleh kondisi kimia dan aktivitas mikroorganisme sehingga dapat memengaruhi siklus merkuri di lingkungan pesisir (Liu et al., 2019).

Mangrove memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat melalui sistem perakaran. Logam berat dapat terikat pada permukaan akar, terakumulasi dalam jaringan, atau tertahan pada sedimen di sekitar perakaran. Mekanisme toleransi mangrove terhadap logam berat antara lain melalui imobilisasi pada dinding sel, pengikatan dengan biomolekul, sekuestrasi, serta pembatasan translokasi logam ke bagian tanaman lainnya (Rahman et al., 2024). Oleh karena itu,

mangrove berpotensi digunakan sebagai agen fitoremediasi yang ramah lingkungan dalam membantu mengurangi pencemaran logam berat pada wilayah pesisir.

Selain tanaman mangrove, mikroorganisme yang hidup pada lingkungan pesisir juga memiliki potensi dalam proses bioremediasi logam berat. Mikroorganisme tertentu dapat berinteraksi dengan logam melalui mekanisme biosorpsi, bioakumulasi, biotransformasi, dan pengendapan sehingga dapat membantu mengurangi mobilitas atau ketersediaan logam dalam lingkungan. Kajian mengenai mikroorganisme laut menunjukkan bahwa mikroorganisme memiliki berbagai mekanisme untuk menghadapi dan meremediasi kontaminasi logam berat termasuk Cu dan Hg (Alabssawy & Hashem, 2024).

Pemanfaatan tanah atau sedimen mangrove sebagai bagian dari agen bioremediasi perlu dilakukan dengan memperhatikan kondisi lingkungan dan jenis logam yang terdapat di dalamnya. Akumulasi logam pada mangrove tidak selalu menunjukkan bahwa logam telah hilang dari lingkungan, tetapi dapat menunjukkan adanya proses penyerapan, penahanan, atau perubahan distribusi logam. Penelitian mengenai *Avicennia marina* di Muara Sungai Tapak, misalnya, menunjukkan adanya akumulasi Cu dan Hg pada sedimen serta jaringan tanaman dengan mekanisme yang berbeda berdasarkan nilai faktor biokonsentrasi dan faktor translokasi (Ichwani et al., 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, edukasi mengenai “Pemanfaatan Tanah Mangrove sebagai Penghasil Agen Bioremediasi Logam Berat (Cu dan Hg)” penting dilakukan untuk meningkatkan pemahaman mengenai fungsi ekosistem mangrove dalam pengendalian pencemaran logam berat. Kegiatan ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan mengenai potensi mangrove dan mikroorganisme yang berasosiasi dengan tanah mangrove dalam mendukung upaya pemulihan lingkungan pesisir secara berkelanjutan.

B. RUMUSAN MASALAH

Bagaimana meningkatkan pemahaman mengenai pemanfaatan tanah mangrove sebagai sumber agen bioremediasi dalam membantu mengurangi pencemaran logam berat Cu dan Hg pada lingkungan pesisir?

C. TUJUAN KEGIATAN

Meningkatkan pengetahuan dan pemahaman peserta mengenai potensi tanah mangrove sebagai sumber agen bioremediasi dalam membantu mengurangi pencemaran logam berat Cu dan Hg pada lingkungan pesisir.

D. SASARAN KEGIATAN

Sasaran kegiatan edukasi ini adalah masyarakat dan peserta kegiatan yang berada di lingkungan pesisir serta memiliki kepedulian terhadap kelestarian ekosistem mangrove. Peserta diberikan edukasi mengenai pencemaran logam berat Cu dan Hg, fungsi tanah mangrove dalam mengikat dan mengakumulasi logam berat, serta potensi tanaman dan mikroorganisme yang terdapat pada ekosistem mangrove sebagai agen bioremediasi. Melalui kegiatan ini diharapkan peserta dapat memahami pentingnya menjaga ekosistem mangrove sebagai salah satu upaya dalam mempertahankan kualitas lingkungan pesisir.

E. MANFAAT

Kegiatan edukasi ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan dan pemahaman peserta mengenai pencemaran logam berat Cu dan Hg serta potensi tanah mangrove sebagai sumber agen bioremediasi. Selain itu, kegiatan ini dapat meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya menjaga dan melestarikan ekosistem mangrove sebagai bagian dari upaya pengelolaan lingkungan pesisir yang berkelanjutan serta menjadi sarana penerapan pengetahuan mahasiswa dalam memberikan edukasi mengenai pencemaran lingkungan dan bioremediasi.

F. METODE PELAKSANAAN YANG TELAH DILAKUKAN

Kegiatan “Edukasi Pemanfaatan Tanah Mangrove sebagai Penghasil Agen Bioremediasi Logam Berat (Cu dan Hg)” telah dilaksanakan melalui beberapa tahapan, meliputi persiapan, koordinasi, observasi awal, penyusunan materi edukasi, pelaksanaan edukasi, diskusi dan tanya jawab, evaluasi, pencatatan hasil, serta analisis secara deskriptif. Edukasi diberikan mengenai pencemaran logam berat Cu dan Hg, dampaknya terhadap lingkungan pesisir, kemampuan mangrove dalam menyerap dan mengakumulasi logam berat, serta potensi mikroorganisme yang berasosiasi dengan tanah mangrove dalam proses bioremediasi. Secara keseluruhan, kegiatan dapat

terlaksana sesuai dengan tahapan yang telah direncanakan dan menghasilkan peningkatan pemahaman peserta mengenai potensi ekosistem mangrove sebagai bagian dari upaya pengelolaan pencemaran logam berat di lingkungan pesisir.

Tahap	Kegiatan	Sasaran/Luaran	Waktu	Tempat	Status
Persiapan	Studi literatur mengenai ekosistem mangrove, pencemaran logam berat Cu dan Hg, serta mekanisme bioremediasi dan fitoremediasi.	Tersedianya materi, alat, dan bahan yang diperlukan untuk kegiatan.	September 2024	UMSurabaya	Terlaksana
Koordinasi	Koordinasi dengan tim dan pihak terkait mengenai persiapan materi, media edukasi, serta teknis pelaksanaan kegiatan.	Tersusunnya jadwal dan teknis pelaksanaan kegiatan.	September 2024	Laboratorium	Terlaksana
Observasi Awal	Pengumpulan informasi mengenai tingkat pemahaman peserta terhadap pencemaran logam berat dan fungsi ekosistem mangrove.sebelum diberikan edukasi.	Diperoleh gambaran pemahaman awal peserta.	September 2024	Laboratorium	Terlaksana
Penyusunan Materi Edukasi	Penyusunan materi mengenai karakteristik Cu dan Hg, sumber pencemaran, dampak terhadap lingkungan, serta potensi	Tersedianya materi edukasi yang sesuai dengan sasaran kegiatan.	September 2024	Laboratorium	Terlaksana

	mangrove sebagai agen bioremediasi.				
Pelaksanaan Edukasi	Pemberian edukasi mengenai pemanfaatan tanah mangrove sebagai sumber agen bioremediasi logam berat Cu dan Hg.	Meningkatnya pengetahuan peserta mengenai potensi mangrove dalam pengelolaan pencemaran.	September 2024	Laboratorium	Terlaksana
Diskusi dan Tanya Jawab	Diskusi mengenai pencemaran Cu dan Hg, mekanisme penyerapan logam berat, serta pentingnya konservasi mangrove.	Peserta mampu memahami dan menjelaskan kembali materi yang diberikan.	September 2024	Laboratorium	Terlaksana
Evaluasi	Evaluasi pemahaman peserta setelah diberikan edukasi melalui pertanyaan dan diskusi.	Diperoleh gambaran peningkatan pemahaman peserta..	September 2024	Laboratorium	Terlaksana
Analisis Hasil	Membandingkan pemahaman peserta sebelum dan setelah edukasi serta mendeskripsikan hasil kegiatan.	Diperoleh gambaran efektivitas edukasi mengenai pemanfaatan mangrove sebagai agen bioremediasi.	September 2024	Laboratorium	Terlaksana

G. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan “Edukasi Pemanfaatan Tanah Mangrove sebagai Penghasil Agen Bioremediasi Logam Berat (Cu dan Hg)” telah dilaksanakan melalui beberapa tahapan, meliputi persiapan, koordinasi, observasi awal, penyusunan materi edukasi, pelaksanaan edukasi, diskusi dan tanya jawab, evaluasi, pencatatan hasil, serta analisis

secara deskriptif. Edukasi diberikan mengenai pengertian pencemaran logam berat, karakteristik dan dampak logam berat Cu dan Hg, fungsi ekosistem mangrove, serta potensi tanah mangrove dan mikroorganisme yang berasosiasi dengannya sebagai agen bioremediasi. Secara keseluruhan, kegiatan dapat terlaksana sesuai dengan tahapan yang telah direncanakan dan menghasilkan peningkatan pemahaman peserta mengenai potensi tanah mangrove dalam membantu mengurangi pencemaran logam berat Cu dan Hg serta pentingnya menjaga kelestarian ekosistem mangrove.

2. Hasil Evaluasi Pengetahuan

Aspek Pengetahuan	Pre-test	Post-test	Hasil Evaluasi
Pemahaman mengenai logam berat Cu dan Hg	Peserta belum sepenuhnya memahami pengertian, sumber, serta dampak pencemaran logam berat Cu dan Hg terhadap lingkungan pesisir..	Peserta mampu menjelaskan pengertian, sumber pencemaran, serta dampak logam berat Cu dan Hg terhadap lingkungan pesisir.	Meningkat
Pemahaman mengenai fungsi ekosistem mangrove	Peserta belum memahami secara optimal fungsi ekosistem mangrove dalam menjaga kualitas lingkungan pesisir dan mengurangi pencemaran.	Peserta mampu menjelaskan fungsi ekosistem mangrove dalam menjaga lingkungan pesisir serta kemampuannya dalam menyerap dan mengakumulasi logam berat.	Meningkat
Pemahaman mengenai bioremediasi logam berat	Peserta belum sepenuhnya mengetahui pengertian bioremediasi serta potensi tanah mangrove dan mikroorganisme yang berasosiasi dengannya dalam membantu mengurangi pencemaran logam berat.	Peserta mampu menjelaskan pengertian bioremediasi serta potensi tanah mangrove dan mikroorganisme dalam membantu mengurangi pencemaran logam berat Cu dan Hg.	Meningkat

3. Hasil Observasi

No.	Aspek yang Diobservasi	Hasil Observasi
1.	Pemahaman mengenai logam berat Cu dan Hg	Peserta setelah diberikan edukasi menunjukkan pemahaman yang lebih baik mengenai karakteristik, sumber pencemaran, serta dampak logam berat Cu dan Hg terhadap lingkungan pesisir.
2.	Pemahaman mengenai potensi tanah mangrove	Peserta setelah diberikan edukasi mampu memahami bahwa tanah dan vegetasi mangrove dapat berperan dalam menahan, menyerap, dan mengakumulasi logam berat dari lingkungan pesisir.
3.	Pemahaman mengenai bioremediasi	Peserta menunjukkan pemahaman mengenai konsep bioremediasi dan peran organisme, termasuk tanaman mangrove dan mikroorganisme yang berasosiasi dengan lingkungan mangrove, dalam membantu mengurangi pencemaran logam berat..

4. Diskusi

Berdasarkan hasil kegiatan, pemberian edukasi mengenai pemanfaatan tanah mangrove sebagai penghasil agen bioremediasi logam berat Cu dan Hg menunjukkan adanya peningkatan pemahaman peserta terhadap pentingnya ekosistem mangrove dalam pengelolaan pencemaran lingkungan pesisir. Hal tersebut dapat dilihat dari kemampuan peserta dalam memahami pengertian logam berat, sumber pencemaran Cu dan Hg, fungsi ekosistem mangrove, serta potensi tanah mangrove dalam membantu mengurangi pencemaran. Mangrove memiliki kemampuan untuk menyerap, mengakumulasi, dan mengimobilisasi berbagai logam berat melalui sistem perakaran dan interaksi dengan sedimen sehingga berpotensi dimanfaatkan dalam proses remediasi lingkungan (Rahman et al., 2024; Koka et al., 2024).

Logam berat Cu dan Hg dapat masuk ke lingkungan pesisir melalui berbagai aktivitas manusia dan memiliki sifat persisten sehingga dapat terakumulasi dalam sedimen maupun organisme. Tanaman mangrove memiliki mekanisme toleransi terhadap keberadaan logam berat, antara lain melalui pengikatan logam pada dinding sel, sekuestrasi, serta pembatasan translokasi logam ke jaringan tanaman. Selain

tanaman mangrove, mikroorganisme yang terdapat pada tanah atau sedimen mangrove juga dapat berperan dalam proses bioremediasi melalui mekanisme biosorpsi, bioakumulasi, biotransformasi, dan pengendapan logam berat (Alabssawy & Hashem, 2024; Rahman et al., 2024).

Meskipun demikian, kemampuan tanah mangrove dalam mengakumulasi logam berat tidak berarti bahwa logam tersebut sepenuhnya hilang dari lingkungan. Logam dapat tetap tersimpan dalam sedimen atau jaringan tanaman dan berpotensi berpindah ke organisme lain melalui rantai makanan. Oleh karena itu, pemanfaatan mangrove sebagai bagian dari upaya bioremediasi perlu dilakukan dengan memperhatikan kondisi lingkungan dan disertai pemantauan kadar logam berat. Edukasi mengenai fungsi mangrove diharapkan dapat meningkatkan kesadaran peserta untuk menjaga dan melestarikan ekosistem mangrove sebagai salah satu upaya pengelolaan pencemaran lingkungan pesisir secara berkelanjutan.

H. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil kegiatan yang telah dilakukan, edukasi mengenai pemanfaatan tanah mangrove sebagai penghasil agen bioremediasi logam berat Cu dan Hg menunjukkan adanya peningkatan pemahaman peserta mengenai pencemaran logam berat dan potensi ekosistem mangrove dalam membantu mengurangi pencemaran lingkungan pesisir. Hal tersebut ditunjukkan melalui kemampuan peserta dalam memahami karakteristik logam berat Cu dan Hg, fungsi ekosistem mangrove, serta peran tanaman dan mikroorganisme yang berasosiasi dengan tanah mangrove dalam proses remediasi. Edukasi ini dapat menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya menjaga kelestarian ekosistem mangrove.

Disarankan untuk melakukan kegiatan lanjutan dengan pengamatan dan pemeriksaan laboratorium terhadap kadar logam berat Cu dan Hg pada tanah, sedimen, air, serta jaringan tanaman mangrove. Penelitian selanjutnya juga dapat dilakukan dengan mengidentifikasi mikroorganisme yang berpotensi sebagai agen bioremediasi serta menggunakan variasi jenis dan konsentrasi logam berat untuk mengetahui efektivitas proses remediasi secara lebih menyeluruh.

I. DAFTAR PUSTAKA

- Alabssawy, A. N., & Hashem, A. H. (2024). Bioremediation of hazardous heavy metals by marine microorganisms: A recent review. *Archives of Microbiology*, 206, 103.
- Alongi, D. M. (2018). Impact of climate change on mangrove forests. *Current Climate Change Reports*, 4(4), 303–312.
- Heriyanto, N. M., & Subiandono, E. (2015). Komposisi dan struktur tegakan, biomasa, dan potensi kandungan karbon hutan mangrove di Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 12(1), 23–35.
- Ichwani, N., et al. (2024). Analisis biokonsentrasi logam berat merkuri (Hg) dan tembaga (Cu) pada mangrove di Muara Sungai Tapak, Kelurahan Tugurejo Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 9(2).
- Karmakar, S., Riya, K. K., Jolly, Y. N., Akter, S., Mamun, K. M., Kabir, J., et al. (2024). Effectiveness of artificially planted mangroves on remediation of metals released from ship-breaking activities. *Marine Pollution Bulletin*, 212, 117587.
- Koka, E. G., Masao, C. A., Limbu, S. M., Kilawe, C. J., Norbert, J., Pauline, N. M., et al. (2024). A systematic review on distribution, sources and impacts of heavy metals in mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 213, 117666.
- Liu, Y., et al. (2019). A review on mercury biogeochemistry in mangrove sediments: Hotspots of methylmercury production? *Science of the Total Environment*, 659, 848–857.
- Rahman, S. U., Han, J. C., Zhou, Y., Ahmad, M., Li, B., Wang, Y., Huang, Y., Yasin, G., Ansari, M. J., Saeed, M., & Ahmad, I. (2024). Adaptation and remediation strategies of mangroves against heavy metal contamination in global coastal ecosystems: A review. *Journal of Cleaner Production*, 441, 140868.
- Rahman, S. U., et al. (2023). An eco-sustainable approach towards heavy metals remediation by mangroves from the coastal environment: A critical review. *Marine Pollution Bulletin*.

Wolska, N., et al. (2024). How does mangrove restoration or reforestation change trace metal pollution in mangrove ecosystems? A review of current knowledge. *Toxics*, 12(11), 812..

J. LAMPIRAN

