

**IDENTIFIKASI VEGETASI SEBAGAI AGEN FITOREMEDIASI
DI SEMPADAN SUNGAI CISANGKUY
DAS CITARUM KABUPATEN BANDUNG**

***Identification of Vegetation as Phytoremediation Agents
in the Riparian Zone of the Cisangkuy River
Citarum Watershed, Bandung Regency"***

ISHAK TAN¹⁾, DESTRY NUR FITRIANY²⁾

1)Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Winaya Mukti

*Email: ishaktan.oksmart@gmail.com

ABSTRACT

*Riparian zone is protective for watersheds from pollution. One of them is the presence of vegetation that functions as a phytoremediation agent that can degrade contaminants. This research is intended to identify the presence of vegetation that functions as phytoremediation in the border of the Cisangkuy River Citarum Watershed, Bandung Regency. The research method used quadrant plot method as many as 28 plots with random sampling technique and sampling intensity of 1%. There were 13 species identified as having potential as phytoremediation agents, namely alang-alang (*Imperata cylindrica*), alpukat (*Persea americana*), rumput bermuda (*Cynodon dactylon*), jati putih (*Gmelina arborea*), jabon (*Neolamarckia cadamba*), kayu putih (*Melaleuca leucadendron*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), mahoni uganda (*Kahya anthotheca*), mangga (*Mangifera indica*), putri malu (*Mimosa pudica*), ketumbar jepang (*Perilla frutescens*), pinus (*Pinus merkusii*), dan sengon (*Albizia chinensis*).*

Keywords: *Cisangkuy, phytoremediation, watershed.*

PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum merupakan salah satu DAS strategis nasional yang menopang kebutuhan air bagi lebih dari 27 juta jiwa di Provinsi Jawa Barat dan DKI Jakarta (KLHK, 2019). Namun, kondisi kualitas air di DAS ini terus mengalami penurunan akibat beban pencemaran yang tinggi, terutama dari limbah domestik, pertanian, dan industri (BPLHD Jabar, 2022). Sub-DAS Cisangkuy, sebagai salah satu anak sungai utama Citarum, menyumbang beban pencemar signifikan, termasuk logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg), yang bersifat toksik dan akumulatif terhadap biota dan manusia (Wahyuni *et al.*, 2020).

Salah satu strategi yang mulai dikembangkan dalam rehabilitasi kawasan sempadan sungai adalah pendekatan fitoremediasi, yaitu pemanfaatan tanaman untuk menyerap, mengakumulasi, atau menstabilkan kontaminan dalam tanah dan air (Pilon-Smits, 2005). Vegetasi alami di sempadan sungai memiliki peran penting dalam memfilter limpasan permukaan, menurunkan erosi, serta menyerap unsur hara dan logam berat sebelum mencapai badan air (Tiryana *et al.*, 2021). Identifikasi spesies tumbuhan lokal yang mampu bertindak sebagai agen fitoremediasi menjadi krusial untuk mendukung upaya restorasi vegetatif yang efektif dan berkelanjutan.

Penelitian-penelitian sebelumnya telah mencatat keberadaan beberapa jenis vegetasi riparian yang potensial sebagai fitoremediator, seperti *Cyperus rotundus*, *Imperata cylindrica*, *Pluchea indica*, dan *Amaranthus spinosus*, yang mampu menyerap logam berat dari lingkungan terkontaminasi (Solihat & Luth, 2021; Majid *et al.*, 2012). Namun, masih terbatas studi yang secara khusus mengevaluasi potensi fitoremediasi vegetasi alami di sempadan Sungai Cisangkuy, padahal kondisi lahan kritis dan pencemaran tinggi menjadi faktor penting untuk ditangani secara cepat dan tepat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis vegetasi yang tumbuh secara alami di sempadan Sungai Cisangkuy dan menganalisis potensinya sebagai agen fitoremediasi logam berat. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah yang berguna dalam perencanaan rehabilitasi sempadan sungai berbasis pendekatan ekologis dan berkelanjutan di DAS Citarum.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli sampai Agustus 2023 terletak di sempadan Sungai Cisangkuy Desa Lamajang Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung (Gambar 1). Alat dan bahan yang digunakan antara lain: meteran, kamera, *Global Positioning System* (GPS), peta Administrasi Desa Lamajang Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung, Data kualitas air Kabupaten Bandung, *Tally sheet*, dan Jenis pohon.

Pengumpulan data dilakukan dengan metode survey. Data pendahuluan diperoleh dengan menentukan lokasi melalui Google Maps dilanjutkan peninjauan lokasi dengan mencari titik koordinat lokasi menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Identifikasi vegetasi dilakukan pada sepanjang ekosistem sempadan Sungai Cisangkuy Desa Lamajang Kecamatan Pangalengan Kabupaten Bandung.

PETA LOKASI ALIRAN SUNGAI CISANGKUY DESA LAMAJANG KECAMATAN PANGALENGAN BANDUNG

Legenda

- Titik Pengamatan (Sumber DLH Kab Bandung)
- Sungai Cisangkuy (7.124.82 m)
- Sungai
- Jalan Lokal
- Jalan Propinsi
- Batas Kecamatan
- Batas Desa
- Sepadan Sungai Cisangkuy (110.90 Ha)
- Desa Lamajang

Inset Map:

INDRAMAYU
SUBANG
KOTA SUKAMAJA
SUMEDANG
KOTA BANDUNG
BANDUNG BARAT
BANDUNG
CIANJUR
GARUT
TASIKMALAYA

Dibuat Oleh :
Destry Nur Fitriany
4122.2.19.11.0008

Metode pengumpulan data dilakukan dengan:

- 66

tumbuhan dibedakan menjadi dua kelompok: (1) potensial fitoremediator dan (2) non-fitoremediator.

Analisis data yang dilakukan terdiri dari analisis tumbuhan yang berpotensi sebagai tumbuhan fitoremediasi, kerapatan, frekuensi, dominansi serta perhitungan Nilai Indeks Penting (INP) yang mengacu pada (Solihat & Luth, 2021) sebagai berikut:

a. Kerapatan

Kerapatan adalah jumlah individu per unit luas atau per unit volume.

$$K = \frac{\text{jumlah individu untuk spesies ke} - i}{\text{luas seluruh petak contoh}}$$

b. Kerapatan Relatif

$$KR = \frac{\text{kerapatan spesies ke} - i}{\text{kerapatan seluruh spesies}} \times 100$$

c. Frekuensi

Frekuensi merupakan intensitas ditemukannya suatu spesies organisme dalam pengamatan keberadaan organisme pada suatu ekosistem.

$$f = \frac{\text{jumlah petak ditemukan suatu spesies ke} - i}{\text{luas seluruh petak contoh}}$$

d. Frekuensi Relatif

$$FR = \frac{\text{Frekuensi suatu spesies ke} - i}{\text{frekuensi seluruh spesies}} \times 100$$

e. Dominansi

Dominansi merupakan penguasaan suatu jenis dalam suatu vegetasi atau komunitas terhadap jenis yang lain. Dominansi ditentukan dengan menghitung luas bidang dasar (LBDs) masing-masing spesies.

$$D = \frac{\text{jumlah luas bidang dasar spesies ke} - i}{\text{luas seluruh petak contoh}}$$

f. Dominansi relatif

$$DR = \frac{\text{dominansi suatu jenis}}{\text{dominansi seluruh jenis}} \times 100$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Vegetasi berpotensi sebagai Agen Fitoremediasi di Sempadan Sungai Cisangkuy

Hasil penelitian terdapat sebanyak 13 jenis yang teridentifikasi memiliki potensi sebagai agen fitoremediasi berdasarkan referensi (Tabel 1). Pada tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat beberapa zat pencemaran yang dapat diminimalisir oleh vegetasi yang berada di sekitar Sungai Cisangkuy, seperti sianida, Zn, Pb, merkuri, limbah minyak, logam berat, dan timbal. Sempadan Sungai Cisangkuy yang termasuk dalam wilayah DAS Citarum merupakan area yang rentan terhadap pencemaran, terutama logam berat dan senyawa berbahaya lainnya akibat aktivitas pertanian, domestik, dan industri. Vegetasi alami maupun budidaya di sepanjang sempadan sungai memainkan peran penting dalam mengurangi tingkat pencemaran melalui proses fitoremediasi, yaitu penggunaan tanaman untuk menyerap, menstabilkan, dan mengakumulasi polutan dari tanah dan air. Vegetasi-vegetasi di atas menunjukkan peran strategis dalam pemulihan kualitas lingkungan sempadan Sungai Cisangkuy. Mereka berfungsi sebagai penyerap polutan, penahan erosi, dan penutup lahan yang menjaga integritas ekologis DAS Citarum. Pemanfaatan tanaman ini dalam konservasi dan restorasi sempadan sungai sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan dan pengelolaan DAS yang terpadu.

Tabel 1 Vegetasi yang berpotensi sebagai Agen Fitoremediasi di DAS Cisangkuy, Desa Lamajang

No	Spesies	Nama Latin	Famili	Potensi Fitoremediator
1	Alang-Alang	<i>Imperata cylindrica</i>	<i>Poaceae</i>	• Fitoremediator sianida (Ashraf <i>et al.</i>, 2013) • Mampu mengekstraksikan Zn dari tanah tercemar (Inayah <i>et al.</i>, 2010) • Menyerap Pb dari tanah yang terkontaminasi (Hidayati <i>et al.</i>, 2006)
2	Alpukat	<i>Persea americana</i>	<i>Lauraceae</i>	Merkuri (Rendra, 2021)
3	Rumput Bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Poaceae</i>	• Limbah minyak bumi 18 (Sri <i>et al.</i>, 2013) • Sianida, Pb (Juhaeti <i>et al.</i>, 2005) • Penyerapan logam berat kadmium, timbal, dan merkuri (Purwantari, 2007)
4	Jati Putih	<i>Gmelina arborea</i>	<i>Verbenaceae</i>	Penyerapan timbal (Evalyana, 2018)
5	Jabon	<i>Neolamarckia cadamba</i>	<i>Rubiaceae</i>	Penyerapan pb (Sianipar <i>et al.</i> , 2016)
6	Kayu Putih	<i>Melaleuca leucadendra</i>	<i>Myrtaceae</i>	Peningkatan ph tanah, penyerapan logam Mn, logam Zn (Ramadhani & Dwi, 2022)
7	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	<i>Meliaceae</i>	Pb (Hindratmo <i>et al.</i> , 2017)

No	Spesies	Nama Latin	Famili	Potensi Fitoremediator
8	Mahoni Uganda	<i>Kahya anthotheca</i>	<i>Meliaceae</i>	Pb (Hindratmo, <i>et al.</i> , 2017)
9	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	<i>Anacardiaceae</i>	Merkuri (Rendra, 2021)
10	Putri Malu	<i>Mimosa pudica</i>	<i>Fabaceae</i>	Hg (Elyanti, 2021)
11	Ketumbar Jepang	<i>Perilla frutescens</i>	<i>Lamiaceae</i>	Penyerapan logam berat kadmium, timbal, dan merkuri (Purwantari, 2007)
12	Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	<i>Pinaceae</i>	Penyerapan timbal (Evalyana, 2018)
13	Sengon	<i>Albizia chinensis</i>	<i>Fabaceae</i>	Penyerapan timbal (Riyanto, 2011)

Indeks Nilai Penting (INP) Tumbuhan di Sempadan Sungai Cisangkuy

Vegetasi yang tumbuh di sempadan Sungai Cisangkuy menunjukkan peran ekologis penting, tidak hanya dalam menjaga kestabilan sempadan dan keanekaragaman hayati, tetapi juga sebagai agen fitoremediasi. Berdasarkan perhitungan **Indeks Nilai Penting (INP)** pada empat tingkat pertumbuhan (semai, pancang, tiang, dan pohon), terlihat adanya dominasi spesies yang memiliki potensi tinggi dalam menyerap, mengakumulasi, atau menetralkan polutan, khususnya logam berat dan senyawa berbahaya. INP pada strata tingkat semai pada vegetasi yang berpotensi sebagai agen fitoremediasi paling besar yaitu tumbuhan putri malu sebesar 36,68%, pada strata tingkat tiang paling besar, yaitu pinus (125,96%), pada strata tingkat tiang paling besar, yaitu pinus (125,96%), dan pada strata tingkat pohon paling besar, yaitu pinus (129,24%) (Tabel 2).

Tabel 2 Indeks Nilai Penting Tingkat Semai

No	Jenis	Nama Latin	Famili	INP (%)			
				Semai	Pancang	Tiang	Pohon
1	Alang-Alang	<i>Imperata cylindrica</i>	<i>Poaceae</i>	14,62			
2	Alpukat	<i>Persea americana</i>	<i>Lauraceae</i>			5,7	
3	Rumput Bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Poaceae</i>	4,12			
4	Jati Putih	<i>Gmelina arborea</i>	<i>Verbenaceae</i>		5,68	9,87	6,95
5	Jabon	<i>Neolamarckia cadamba</i>	<i>Rubiaceae</i>		28,84	14,36	20,86
6	Kayu Putih	<i>Melaleuca leucadendra</i>	<i>Myrtaceae</i>			17,98	39,61
7	Mahoni	<i>Swietenia mahagoni</i>	<i>Meliaceae</i>		8,73	15,02	20,85
8	Mahoni Uganda	<i>Kahya anthotheca</i>	<i>Meliaceae</i>		12,89	6,57	
9	Mangga	<i>Mangifera indica</i>	<i>Anacardiaceae</i>		5,68	4,49	
10	Putri Malu	<i>Mimosa pudica</i>	<i>Fabaceae</i>	36,68			
11	Ketumbar Jepang	<i>Perilla frutescens</i>	<i>Lamiaceae</i>	22,68			
12	Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	<i>Pinaceae</i>			125,96	129,24
13	Sengon	<i>Albizia chinensis</i>	<i>Fabaceae</i>		7,2		

Dominasi semai oleh jenis-jenis herba dan semak menunjukkan regenerasi alami pada area terbuka. Putri Malu dan Ketumbar Jepang merupakan tanaman yang cepat tumbuh dan dapat menjadi indikator awal proses suksesi ekologis. Selain itu, beberapa di antaranya (seperti Ketumbar Jepang dan Alang-Alang) juga memiliki kemampuan fitoremediasi terhadap logam berat, memperkuat peran ekologisnya. Putri Malu diketahui memiliki kemampuan menyerap logam berat merkuri (Hg) dari tanah tercemar (Elyanti, 2021). Ketumbar Jepang juga terbukti mampu menyerap logam berat seperti kadmium (Cd), timbal (Pb), dan merkuri (Hg) (Purwantari, 2007). Alang-Alang berfungsi sebagai fitoremediator sianida, Pb, dan Zn (Ashraf *et al.*, 2013; Inayah *et al.*, 2010; Hidayati *et al.*, 2006).

Jabon mendominasi tingkat pancang dengan nilai INP tinggi, menunjukkan pertumbuhan regeneratif yang kuat dan potensi menjadi pohon utama di masa depan. Jenis-jenis seperti Mahoni, Mahoni Uganda, dan Sengon juga menunjukkan regenerasi baik. Hal ini penting karena beberapa di antaranya memiliki kemampuan fitoremediasi, khususnya dalam menyerap logam berat seperti Pb dan Hg. Jabon mampu menyerap logam berat Pb dari tanah tercemar (Sianipar *et al.*, 2016). Mahoni dan Mahoni Uganda juga berfungsi menyerap Pb (Hindratmo *et al.*, 2017). Sementara Sengon berpotensi dalam remediasi logam berat Pb (Riyanto, 2011). Dominasi jenis-jenis ini menandakan keberhasilan regenerasi alami yang berkontribusi terhadap perbaikan kualitas lingkungan bantaran sungai.

Pinus secara mencolok mendominasi tingkat tiang dengan INP jauh lebih tinggi dibandingkan spesies lain. Ini menunjukkan keberhasilan pertumbuhannya hingga tahap menengah. Pinus merkusii menunjukkan dominasi tertinggi dan mampu menyerap timbal (Pb) dalam jumlah signifikan (Evalyana, 2018). Kayu Putih berfungsi meningkatkan pH tanah dan menyerap logam berat seperti mangan (Mn) dan seng (Zn) (Ramadhani & Dwi, 2022). Kehadiran spesies-spesies ini penting dalam memperbaiki kualitas tanah dan menurunkan kadar polutan logam berat.

Spesies seperti alpukat dan mangga memiliki nilai ekonomi tinggi dan juga berperan sebagai fitoremediator merkuri (Hg) (Rendra, 2021). Jati Putih diketahui mampu menyerap Pb dari tanah (Evalyana, 2018). Keberadaan pohon-pohon besar ini sangat penting untuk menyerap logam berat serta menahan erosi dan limpasan permukaan.

Tumbuhan pinus banyak tumbuh dikarenakan banyak dimanfaatkan mulai dari segi ekonomi yaitu getah pinus, segi sosial yaitu dapat menyerap tenaga kerja setempat dan penghasil bahan industri yang dapat memperbaiki perbaikan kehidupan masyarakat sekitar, sedangkan dari segi ekologis tumbuhan yang membentuk penutupan vegetasi bersama tanaman lain sehingga fungsi hidrologis dan konservasi tanah tercapai. Selain itu, tumbuhan pinus tumbuh pada ketinggian

sekitar 200-2000 mdpl yang mempunyai pertumbuhan yang cepat dan tidak memerlukan tempat tumbuh dengan syarat tertentu yang mempunyai perakaran yang kuat sehingga dapat mengurangi bahaya erosi pada tanah yang kritis (Mampis *et al.*, 2018).

Tumbuhan pinus bermanfaat juga bagi kesehatan diantaranya mengandung Flavonoid dan Vitamin C yang biasa digunakan untuk obat diet, obat jet lag, meringankan pendarahan, nyeri lutut, menstruasi, dan meningkatkan memori pada lansia. Dimanfaatkan juga pada industri dari getah pinus yang nantinya menghasilkan gondorukem dan terpentin yang menjadi bahan baku industri yang digunakan untuk kosmetik, minyak cat, bahan pelarut, antiseptik. Selain getah dimanfaatkan juga kayunya untuk mebel, pulp, korek api dan sumpit. Juganya juga dimanfaatkan untuk dekorasi kerajinan yang bernilai jual diantaranya bingkai foto, dan dekorasi pesta (Putri, 2022).

Implikasi Ekologis dan Praktis

Potensi vegetasi sebagai agen fitoremediasi di sempadan Sungai Cisangkuy DAS Citarum menunjukkan bahwa vegetasi alami sempadan sungai dapat dioptimalkan sebagai sistem remediasi aktif. Pemilihan jenis tanaman dalam restorasi ekologis tidak hanya perlu mempertimbangkan kecepatan tumbuh dan daya adaptasi, tetapi juga efektivitas dalam menyerap dan menetralkan kontaminan. Hal ini sejalan dengan Pilon-Smits (2005) yang menyatakan bahwa keberhasilan fitoremediasi sangat bergantung pada spesies yang digunakan, karakteristik kontaminan, dan kondisi lingkungan setempat.

Dalam konteks pengelolaan DAS Citarum yang mengalami degradasi kronis, pemanfaatan vegetasi lokal sebagai solusi alami dan berkelanjutan harus menjadi prioritas. Pendekatan ini tidak hanya cost-effective, tetapi juga memperkuat fungsi ekologis lanskap riparian sebagai penyaring alami (Tiryana *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

Vegetasi di sempadan Sungai Cisangkuy menunjukkan potensi fitoremediasi yang tinggi, terutama pada jenis yang mendominasi tiap tingkat pertumbuhan. Terdapat 13 jenis yang teridentifikasi memiliki potensi sebagai agen fitoremediasi, yaitu alang-alang (*Imperata cylindrica*), alpukat (*Persea americana*), rumput bermuda (*Cynodon dactylon*), jati putih (*Gmelina arborea*), jabon (*Neolamarckia cadamba*), kayu putih (*Melaleuca leucadendron*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), mahoni uganda (*Kahya anthotheca*), mangga (*Mangifera indica*), putri malu (*Mimosa pudica*), ketumbar jepang (*Perilla frutescens*), pinus

(*Pinus merkusii*), dan sengon (*Albizia chinensis*). Jenis seperti *Pinus merkusii*, jabon, mahoni, kayu putih, serta jenis-jenis semai seperti putri malu dan ketumbar jepang dapat dikembangkan sebagai bagian dari strategi rehabilitasi sempadan sungai berbasis fitoremediasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashraf, S., Ali, Q., Zahir, Z. A., Ashraf, M., & Asghar, H. N. (2013). Phytoremediation: environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 92, 221–231.
- BPLHD Jawa Barat. (2022). *Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD) Provinsi Jawa Barat Tahun 2021*. Bandung: Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah.
- Elyanti. (2021). Kemampuan *Mimosa pudica* dalam menyerap Merkuri pada tanah tercemar. *Jurnal Lingkungan Tropis*, 5(1), 35–42.
- Evalyana, S. (2018). Potensi vegetasi hutan dalam menyerap logam berat Pb. *Jurnal Lingkungan Tropis*, 12(2), 33–40.
- Evalyana. (2018). Potensi beberapa tanaman dalam fitoremediasi tanah tercemar timbal. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(3), 145–153.
- Hidayati, N., Syukur, A., & Santosa, D. A. (2006). Kemampuan tanaman alang-alang (*Imperata cylindrica*) dalam fitoremediasi Pb di tanah tercemar. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 7(1), 23–29.
- Hidayati, N., Kurniawan, A., & Hasanuddin, H. (2006). Studi kemampuan tanaman alang-alang dalam remediasi timbal. *Jurnal Sains Lingkungan*, 4(2), 59–64.
- Hindratmo, D., Rahman, M. A., & Setiawan, A. (2017). Fitoremediasi logam berat Pb oleh tanaman mahoni. *Jurnal Agroforestri Indonesia*, 9(1), 45–52.
- Hindratmo, S. et al. (2017). Studi perbandingan kemampuan Mahoni dan Mahoni Uganda dalam menyerap timbal dari tanah tercemar. *Jurnal Biologi Tropis*, 17(2), 102–108.
- Inayah, R., Nurhasanah, S., & Gunawan, S. (2010). Fitoremediasi tanah tercemar Zn oleh alang-alang (*Imperata cylindrica*). *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 4(1), 18–23.
- Inayah, N., Rachmawati, D., & Fatmawati, M. (2010). Uji kemampuan *Imperata cylindrica* dalam menyerap Zn dari tanah tercemar. *Jurnal Agro Biogen*, 6(1), 55–61.

- Juhaeti, T., Sugiatno, D. R., & Nurhandayani, F. I. (2005). Kemampuan rumput Bermuda dalam menyerap sianida dan timbal. *Jurnal Biologi Indonesia*, 2(3), 29–34.
- KLHK (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan). (2019). *Rencana Aksi Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan DAS Citarum*. Jakarta: KLHK.
- Majid, N. M., Samsuri, A. W., & Fauziah, C. I. (2012). Assessment of heavy metal uptake and translocation by *Pluchea indica* (L.) Less from sawdust sludge contaminated soil. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(2), 849–855.
- Mampis, B., Hapid, A., & Mutmainnah. (2018). Produksi Getah Pinus (*Pinus Merkusii* Jung Et de Vriese) pada Berbagai Diameter Batang Menggunakan Sistem Koakan di Desa Namo Kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi.
- Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. *Annual Review of Plant Biology*, 56, 15–39. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.56.032604.144214>
- Purwantari, R. A. (2007). Potensi Ketumbar Jepang (*Perilla frutescens*) sebagai fitoremediator logam berat. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 7(1), 25–32.
- Ramadhani, A., & Dwi, N. R. (2022). Potensi kayu putih (*Melaleuca leucadendra*) dalam perbaikan tanah dan remediasi logam berat. *Jurnal Kehutanan Indonesia*, 9(2), 65–71.
- Rendra, A. (2021). Studi fitoremediasi merkuri oleh tanaman Mangga dan Alpukat. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 13(2), 75–83
- Riyanto, A. (2011). Potensi pohon sengon dalam menyerap logam berat timbal (Pb). *Jurnal Agroforestri Indonesia*, 3(1), 17–23.
- Riyanto, B. (2011). Fitoremediasi tanah tercemar timbal menggunakan *Albizia chinensis*. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 13(1), 23–30.
- Sianipar, A. P., Hutagalung, A. F., & Sitompul, A. F. (2016). Kemampuan tanaman jabon dalam menyerap Pb dari tanah tercemar. *Jurnal Hutan Tropis*, 4(2), 23–28.
- Solihat, R. F., & Luth, F. (2021). Keanekaragaman tumbuhan fitoremediasi di ekosistem riparian DAS Citarum. *Paspalum*, 9(2), 145–149. <https://doi.org/10.35138/paspalum.v9i2.298>
- Sri, R. W., Subrata, I. D. M., & Prihatiningtyas, E. (2013). Fitoremediasi limbah minyak bumi menggunakan rumput Bermuda (*Cynodon dactylon*). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 14(2), 81–87.
- Tiryana, T., Hidayat, Y., & Indriani, M. (2021). Potensi vegetasi riparian dalam mereduksi pencemar logam berat pada sempadan sungai. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(1), 25–32. <https://doi.org/10.14710/jil.19.1.25-32>

Wahyuni, D., Susetyo, A., & Ramadhan, T. A. (2020). Analisis beban pencemar logam berat di Sub-DAS Cisangkuy. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 26(2), 67–74. <https://doi.org/10.5614/jtl.2020.26.2.4>