

Fitoremediasi Logam Berat Pb dan Cu Pada Mangrove Rhizophora Apiculata dan Sonneratia Alba di Muara Sungai Badung Denpasar Bali

Karel Yesaya Mbaba

Prodi Ilmu Pertanian, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Katolik Weetebula, Sumba Barat Daya, NTT, Indonesia

Received: 07 June 2024

Revised: 14 June 2024

Accepted: 29 August 2024

Corresponding Author:

Karel Yesaya Mbaba

mbabakarel14@gmail.com

© 2024 Kappa Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License



DOI:

<https://doi.org/10.29408/kpj.v8i2.26421>

Abstract: Increased activity in the Badung river basin has an impact on water quality, including river estuaries and the sea, which will affect the environmental ecosystem. One of the water and sediment pollutants is heavy metals. Heavy metal pollution can be overcome with phytoremediation. This research aims to analyze the ability of the *Rhizophora apiculata* and *Sonneratia alba* mangroves to accumulate the heavy metals Pb and Cu. Phytoremediation naturally occurs at river estuaries, namely in mangrove plants. Metal absorption in mangroves occurs in the roots which are then carried to the leaves. The research was conducted at the mouth of the Badung River, Denpasar, Bali. The research results show that the Pb metal content in water has exceeded the quality standards for marine tourism and marine biota based on PPRI No. 22 of 2021, namely an average of 0.005 mg/l. Metal absorption occurs in two types of mangroves, namely *Rhizophora apiculata* and *Sonneratia alba*. The highest metal absorption in mangroves is the *Sonneratia alba* species. Mangroves translocate metals from roots to leaves. From the research results, mangroves are classified as low accumulator plants.

Keywords: Fitoremediasi; Pb Metal; Cu Metal; *Rhizophora Apiculata*; *Sonneratia Alba*

Pendahuluan

Bahan-bahan pencemar sungai Badung dapat berupa limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang karena sifat dan konsentrasinya yang mudah terakumulasi dalam air dan tanah yang dapat membahayakan keselamatan dan kesehatan manusia, makhluk hidup lain dan lingkungan (Wilyanda, 2020). Salah satu limbah B3 yang terakumulasi di dalam air dan tanah adalah logam berat. Secara alamiah logam berat di perairan berasal dari pelapukan batuan dan lumpur lahar. Sedangkan sumber lainnya berasal dari kegiatan rumah tangga, perdagangan, pariwisata, limbah kapal dan industri (Supriyantini, 2016).

Logam berat memiliki sifat yang mudah terakumulasi pada sedimen sedangkan pada makhluk hidup logam berat akan mengikuti rantai makanan. Logam berat berbahaya yang mampu diserap oleh mangrove antara lain logam Fe, Mn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Zn dan Cd (Mbaba *et al*, 2019). Timbal (Pb) merupakan

salah satu logam berat non esensial yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (toksisitas) pada makhluk hidup (Putra, 2022). Tembaga (Cu) merupakan logam transisi golongan IB yang memiliki nomor atom 29 dan berat atom 63,55 g/mol. Apabila manusia mengonsumsi makanan yang memiliki kandungan Cu berlebihan akan mengakibatkan gangguan kesehatan yang berkelanjutan. Keracunan logam Cu pada manusia ditandai dengan diare, muntah-muntah berwarna hitam atau bercampur darah, pusing atau terasa ingin pingsan, sakit kepala dan berkelanjutan, nyeri ulu hati, sakit ketika buang air kecil, kulit atau mata berwarna kuning, dan jika tidak melakukan pemeriksaan ke dokter dapat berakibat fatal (Masruroh, 2024).

Penanganan pencemaran logam berat menggunakan tanaman dikenal dengan fitoremediasi (Ambarwati, 2018). Penelitian Devi (2015) yang menemukan kandungan logam Cd pada mangrove

How to Cite:

Karel Yesaya Mbaba (2024). Fitoremediasi Logam Berat Pb dan Cu Pada Mangrove *Rhizophora Apiculata* dan *Sonneratia Alba* di Muara Sungai Badung Denpasar Bali. *Kappa Journal*, 8 (2), 286-292. <https://doi.org/10.29408/kpj.v8i2.26421>

Bruguiera gymnorrhiza, Sonneratia caseolaris, dan Avicennia alba di daerah Pemogan berturut-turut adalah 0,05 ppm, 0,08 ppm dan 0,06 ppm. Hasil penelitian Supriyantini dan Nirwani (2015) menemukan bahwa jumlah kandungan logam berat pada akar mangrove lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan logam berat pada air sehingga menunjukkan bahwa tumbuhan mangrove mampu mengakumulasi logam berat di bagian akar dengan menyerap unsur tersebut pada sedimen dan air. Kandungan logam berat pada bagian tanaman juga dapat berbeda (Wulandari, 2018).

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kandungan logam Pb dan Cu pada sedimen dan air di sungai Badung, menganalisis kemampuan dari masing-masing jenis tumbuhan jenis mangrove Rhizophora apiculata dan Sonneratia alba dalam menyerap logam Pb dan Cu, menganalisis kandungan logam Pb dan Cu pada bagian-bagian tumbuhan mangrove jenis Rhizophora apiculata dan Sonneratia alba di muara sungai Badung, menganalisis mekanisme fitoremediasi yang terjadi pada mangrove jenis Rhizophora apiculata dan Sonneratia alba. Berbeda dengan penelitian lainnya yang fokus penelitian mangrove hanya pada bagian akar saja, untuk penelitian ini pengecekan logam berat dilakukan pada akar, batang dan daun mangrove. Penelitian ini berfokus pada analisa logam Pb dan Cu pada mangrove jenis Rhizophora apiculata dan Sonneratia alba.

Seperti kita ketahui bersama, tren baru di dunia internasional saat ini adalah persaingan penggunaan energi baru terbarukan (EBT) yang ramah lingkungan terintegrasi teknologi (Wisudawati & Fijra, 2021). Dalam era modern ini, kebutuhan akan energi listrik terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi dan pertumbuhan populasi manusia (Iskandar et al., 2022). Sumber daya energikonvensional yang umum digunakan, seperti batu bara dan minyak bumi memiliki dampak negatif terhadap lingkungan dan ketersediaannya semakin berkurang (Iskandar et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian tentang sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan menjadi semakin penting (Setyono et al., 2019). Salah satu cara untuk menghasilkan energi terbarukan yang ramah lingkungan adalah dengan memanfaatkan potensi energi yang tersimpan dalam material piezoelektrik (Prasetyo & Pradistia, 2022).

Piezoelektrik adalah materi yang dapat menghasilkan tegangan listrik ketika diberikan tekanan atau gaya mekanis (Mowaviq et al., 2019). Ketika material piezoelektrik ditekan atau diberikan gaya mekanis, muatan listrik terpisah di dalamnya dan menghasilkan potensial listrik (Yulia et al., 2016). Besar potensial listrik yang dihasilkan berbanding lurus

dengan tekanan (gaya), sensitivitas bahan, serta ketebalan bahan piezoelektrik dengan besar energi yang berpengaruh terhadap frekuensi dalam selang waktu tertentu (Rinaldi et al., 2018). Bahan utama yang biasanya terdapat pada piezoelektrik adalah $PbZrTiO_3$ atau PZT (Fahyuan et al., 2018). Unsur Pb yang terdapat pada PZT menghasilkan limbah industri berupa timbal yang sangat berbahaya jika masuk ke dalam tubuh manusia karena dapat mengganggu metabolisme tubuh (Yulianti et al., 2013). Hal inilah yang menjadi alasan para peneliti untuk mencari bahan-bahan alternatif piezoelektrik yang tidak menghasilkan unsur berbahaya, salah satunya yaitu bahan dapur.

Terdapat penelitian mengenai bahan selain PZT sebagai pengganti material piezoelektrik. Beberapa penelitian tersebut adalah pemanfaatan bahan piezoelektrik menggunakan bahan film *polyvinilidene difluoride* (PVDF) (Almanda et al., 2016) dan bahan sintesis $Bi_{0,5}(Na_{0,75}K_{0,25})_{0,5}TiO_3$ (BNKT) (Ahda & Mahyudin, 2013) yang mana bahan-bahan tersebut tidak termasuk bahan dapur. Dari studi literatur yang peneliti lakukan, bahan dapur yang dapat dijadikan sebagai bahan membuat piezoelektrik adalah krim tartar atau *potassium bitartrate* ($KHC_4H_4O_6$) dan soda kue atau *sodium bicarbonate* ($NaHCO_3$) (Steve, 2013).

Metode

Penelitian berlangsung selama 2 (dua) bulan (April – Mei 2022), di muara Sungai Badung, Desa Pemogan, Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar. Kondisi lingkungan pada saat pengambilan sampel yaitu cerah, namun air sungaimasih keruh akibat banjir. Di mana pada bulan April-Mei masih musim hujan.

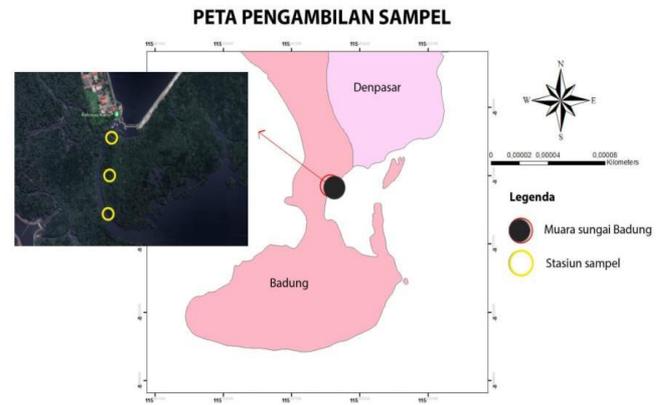
Suhu dan derajat keasaman (pH) air diukur secara langsung (in situ). Suhu air diukur menggunakan termometer dan pH diukur menggunakan pHmeter. Pengukuran dilakukan 3 kali pengulangan. Lokasi pengukuran di sesuaikan dengan lokasi pengambilan sampel air dan sedimen. Sampel kandungan logam berat pada air, sedimen, akar dan daun mangrove diuji di Laboratorium FMIPA Universitas Udayana Bali (ex situ).

Penentuan sampel dilakukan dengan cara purposive sampling. Pertimbangan penentuan titik pengambilan sampel didasarkan pada kemudahan akses, biaya maupun waktu penelitian. Lokasi pengambilan sampel dilakukan pada tiga titik, yaitu titik sampel satu dengan koordinat E 115011'17,79" T- 8044'6,92" S, koordinat titik ke dua E115011'19,00" T- 8044'13,35" S dan koordinat titik ke tiga E 115011'21,02" T- 8044'19,13" S. Sampel berupa air, sedimen, akar dan daun dari keempat jenis mangrove. Metode yang digunakan peneliti dalam pengambilan sampel air adalah sampel gabungan (composite sample)

yaitu dengan mencampur air sampel yang diambil dari beberapa kedalaman dalam satu lokasi pengambilan sampel, lokasi pengambilan sampel air sesuai dengan lokasi pengambilan sampel tanaman. Cara mengambil sampel air menggunakan water sampler dari kedalaman tertentu. Sampel air diberi beberapa tetes HNO₃ untuk menstabilkan air sampel tersebut pada pH 2 (Robi, 2021).

Pengambilan sampel tanah dilakukan sesuai dengan lokasi sampel tanaman, yaitu tanah diambil di bawah tanaman mangrove yang sebagai sampel. Untuk metode pengambilan sampel tanah juga menggunakan composite sample. Pengambilan sampel tanah menggunakan besi berongga dengan panjang 30 cm sehingga jenis tanah yang didapat berupa lumpur dan tanah pasir. Sampel tanah disimpan pada plastik atau botol sebagai wadah.

Akar dan daun mangrove yang diambil sebagai sampel dari jenis *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba* dan *Sonneratia caseolaris* yang berada di dalam lokasi pengambilan sampel yang telah ditentukan. Pengambilan sampel akar dan daun mangrove dilakukan dengan metode tanpa petak acak berpasangan (*random pair method*) yang di modifikasi. Pada stasiun pengambilan sampel dibuat 3 titik pengambilan sampel yaitu daerah depan hutan mangrove dekat bendungandaerah tengah dan daerah belakang atau dekat laut. Pada metode ini di daerah penelitian dibuat suatu garis lurus, sepanjang garis itu dengan interval 20 m dan panjang 100 m atau sepanjang garis ketebalan hutan mangrove yang ada di lokasi dan ditarik tegak lurus memotong sepanjang garis bendungan dipilih tumbuhan yang terdekat berdasarkan jenis yang sudah di tentukan, selanjutnya tumbuhan kedua sebagai pasangan dipilih tumbuhan yang dekat dengan tumbuhan pertama yang terletak pada sektor lainnya, yaitu sebelah lain dari garis lurus yang telah dibuat sebelumnya. Demikian juga untuk daerah tengah dan belakang. Selanjutnya sampel didestruksi di laboratorium Analitik Universitas Udayana dan analisis dengan AAS dilakukan di Laboratorium FMIPA Universitas Udayana. Letak pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Pengambilan Sampel

Hasil dan Pembahasan

Suhu dan pH

Suhu di lingkungan pengambilan sampel berkisar 28-29°C. Menurut Putri (2020) suhu yang baik bagi kehidupan organisme dalam air laut berkisar 18-30°C, sedangkan berdasarkan PPRI No. 22 Tahun 2021 suhu yang sesuai untuk ekosistem mangrove berkisar 28-32°C. pH pada lingkungan berkisar antara 7-8. Nilai pH menunjukkan ukuran keseimbangan antara asam dan basa dalam air.

Perbedaan suhu pada setiap stasiun berbeda-beda karena dipengaruhi oleh banyak hal seperti waktu pengukuran serta kondisi lingkungan sekitar di setiap stasiun. Menurut Masriadi (2019) perbedaan suhu disebabkan oleh cuaca cerah/panas dan daerah tersebut lapang atau tidak adanya penutupan tumbuhan mangrove sehingga matahari melepaskan panasnya dengan sempurna.

Tabel 1. Hasil pengukuran suhu dan pH

Stasiun	Suhu	Ph
1	28	8
2	28	8
3	29	7
Baku Mutu	28-32°C	7-8,5

Keterangan:*= Baku Mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

Kandungan logam berat pada air

Titik sampel	Logam Pb pada air dan pengulangan			Rata-rata
1	0,0067	0,0065	0,0067	0,0066mg/L
2	0,0060	0,0061	0,0060	0,0060mg/L
3	0,0059	0,0059	0,0059	0,0059mg/L
Baku Mutu				0,005 mg/L

Logam Cu pada air

Tabel 3 Hasil Pengukuran logam Cu di air

Titik sampel	Logam Cu pada air dan pengulangan			Rata-rata
1	0,0211	0,001	0,0208	0,0207
2	0,0108	0,0108	0,0108	0,0108
3	0,0105	0,0106	0,0103	0,0104
Baku Mutu				0,05 mg/L

Keterangan:*= Baku Mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

Pada hasil analisis logam Pb paling besar berada di stasiun satu yaitu 0,0066 mg/L stasiun dua sebesar 0,0060 mg/L dan stasiun tiga sebesar 0,0059 mg/L. Kandungan logam berat Pb pada air jika dibandingkan dengan baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 maka telah melebihi ambang batas yang di tetapkan, yaitu sebesar 0,005 mg/L. Logam timbal berbahaya jika memiliki jumlah yang banyak dalam tubuh makhluk hidup, yaitu dapat mempengaruhi sistem kerja organ dan keracunan (toksisitas) yang berujung pada kematian (Putra, 2022).

Hasil pengukuran logam berat Cu terbesar berada di stasiun satu yaitu 0,0207 dibandingkan dengan stasiun dua 0,0108 dan tiga 0,0104. Hasil penelitian logam Cu pada air jika dibandingkan dengan Baku Mutu Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 maka belum melebihi ambang batas yang di tetapkan, yaitu sebesar 0,05 mg/L.

Kandungan Logam pada Sedimen

Hasil penelitian logam berat pada sedimen di muara sungai Badung untuk logam Pb pada tiga titik sampel setelah di rata-rata untuk stasiun satu sebesar 5,5824 mg/L, pada stasiun dua sebesar 5,3732 mg/L dan pada stasiun tiga adalah 5,3122 mg/L. Hasil penelitian logam Pb pada sedimen jika dibandingkan dengan (National Oceanic and Atmospheric

Logam Pb pada air

Tabel 2 hasil pengukuran logam Pb pada air (Administration) NOAA maka masih dibawah ambang batas. Batas kandungan logam Pb menurut NOAA pada sedimen adalah 46,700 mg/L.

Pada hasil pengukuran logam berat Pb terlihat stasiun satu lebih besar dibandingkan dengan stasiun dua dan tiga, hal ini dikarenakan logam berat Pb pada stasiun satu memiliki sumber pencemar yang besar yaitu dari air sungai dan aktifitas disekitar sungai, serta di pengaruhi oleh intensitas air laut, dimana logam berat akan terakumulasi ke air laut yang dapat mempengaruhi kandungan logam pada sedimen.

Kandungan logam Pb pada sedimen ini berasal dari aktifitas masyarakat seperti asap kendaraan, limbah rumah sakit dan dari sampah rumah tangga yang dibuang langsung ke sungai Badung.

Tabel 4 Logam Pb pada sedimen

Titik sampel	Logam Pb pada sedimen	Baku mutu menurut NOAA
1	5,5824 mg/L	46,700 mg/L
2	5,3732 mg/L	46,700 mg/L
3	5,3122 mg/L	46,700 mg/L

Tabel 5 Logam Cu pada sedimen

Titik sampel	Logam Cu pada sedimen	Baku mutu menurut NOAA
1	0,5167 mg/L	34 mg/L
2	0,4784 mg/L	34 mg/L
3	0,4239 mg/L	34 mg/L

Hasil penelitian logam berat dalam sedimen di muara sungai Badung untuk logam Cu pada tiga titik sampel setelah dirata-rata, untuk stasiun satu sebesar 0,5167 mg/L, stasiun dua sebesar 0,4784 mg/L dan stasiun tiga sebesar 0,4239 mg/L.

Dari hasil pengukuran logam Cu jika dibandingkan dengan (National Oceanic and Atmospheric Administration) NOAA maka belum melewati ambang batas dan masih aman untuk mendukung keberlangsungan makhluk hidup di ekosistem mangrove muara sungai Badung. Ambang batas kandungan logam Cu pada sedimen menurut NOAA adalah sebesar 34 mg/L.

Kemampuan Mangrove Sebagai Fitoremediasi

Kemampuan mangrove sebagai fitoremediasi dapat dilihat dari hasil perhitungan kemampuan tanaman dalam mengakumulasi logam berat dari tanah dapat diperkirakan dengan menggunakan *bio-concentration factor* atau faktor bioakumulasi (BCF), evaluasi potensi tanaman mangrove untuk *phytoextraction* dengan perhitungan *translocation factor* (TF) dan *Enrichment Coefficient* (EC_f) atau koefisien pengayaan di gunakan untuk menghitung perbandingan konsentrasi logam berat di bagian tubuh atas tanaman terhadap konsentrasi logam berat di tanah.

Hasil analisis kemampuan mangrove sebagai fitoremediasi menunjukkan bahwa terjadinya penyerapan logam berat oleh akar mangrove dan di translokasi ke bagian lainnya. Hasil perhitungan translokasi logam berat dari akar ke daun mangrove rata-rata mencapai angka 1 (satu). Tanaman dengan nilai TF>1 adalah akumulator logam berat (Kahangwa et al.,2021).

Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata penyerapan logam berat paling banyak terjadi pada daun mangrove dibandingkan dengan akar, hal ini diduga karena pada umumnya tumbuhan melakukan penyerapan oleh akar, baik yang berasal dari sedimen maupun air, kemudian terjadi translokasi ke bagian tumbuhan yang lain dan lokalisasi atau penimbunan logam pada jaringan tertentu (Ryanti,2019). Akumulasi logam berat dapat mengganggu pertumbuhan tanaman (Heriyanto, 2011). Namun tidak demikian dengan tumbuhan mangrove dengan habitat yang ekstrim di air asin, payau, dan berlumpur. Mangrove mempunyai rentang toleransi yang tinggi terhadap pencemaran logam berat (Subiandono et al., 2013).

Tumbuhan memperoleh bahan-bahan yang diperlukan untuk pertumbuhan melalui akar dengan menyerap air dan mineral dari lingkungan sekitarnya secara osmosis. Proses rhizofiltrasi yaitu adsorpsi atau absorpsi logam oleh akar tanaman. Dalam akumulasi logam seng oleh tumbuhan, logam harus dibawa ke sekitar akar (rhizosfer) agar terjadi penyerapan logam-logam yang larut dalam air. Tumbuhan akan membentuk suatu enzim reduktase di membran akar. Enzim reduktase berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui mekanisme didalam membran akar. Setelah logam menembus endodermis akar, logam akan mengikuti aliran transpirasi yang selanjutnya terjadi lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman sebagai upaya untuk mencegah keracunan logam terhadap sel. Tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam didalam organ tertentu seperti akar dan selanjutnya diangkut melalui

xylem dan floem ke bagian tumbuhan yang lain seperti batang, tangkai dan daun (Novi, 2019). Hasil Pengukuran BCF, CF dan EC_f dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengukuran BCF, CF dan EC_f logam Pb pada tiga stasiun

titik	Jenis Mangrove	BCF (mg/L)	TF (mg/L)	EC _f (mg/L)
1	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,036872	1,03027	0,035058
	<i>Sonneratia alba</i>	0,036799	0,969469	0,037673
2	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,054795	0,786873	0,046584
	<i>Sonneratia alba</i>	0,045341	1,125152	0,049536
3	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,054857	0,921429	0,041333
	<i>Sonneratia alba</i>	0,049784	1,029131	0,051955

Tabel 7 Pengukuran BCF, CF dan EC_f logam Cu pada tiga stasiun

titik	Jenis Mangrove	BCF (mg/L)	TF (mg/L)	EC _f (mg/L)
1	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,036872	1,03027	0,035058
	<i>Sonneratia alba</i>	0,036799	0,969469	0,037673
2	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,054795	0,786873	0,046584
	<i>Sonneratia alba</i>	0,045341	1,125152	0,049536
3	<i>Rhizophora apiculata</i>	0,054857	0,921429	0,041333
	<i>Sonneratia alba</i>	0,049784	1,029131	0,051955

Kategori Mangrove Dalam Fitoremediasi

Analisis logam berat pada mangrove sebagai BCF menunjukkan bahwa pada tanaman mangrove di muara sungai Badung baik jenis *Rhizophora apiculata* dan *Sonneratia alba* rata-rata terjadi penyerapan logam berat oleh akar mangrove dengan kategori Low Accumulator Plants berdasarkan Kategori BCF menurut Bini et al (1995) dalam Idris et al (2016). Hasil penelitian menunjukkan logam berat yang mampu diserap berkisaran antara 0,001-0,1 mg/L.

Tabel 8 Kategori BCF menurut Bini et al. (1995) dalam Idris et al. (2016)

Nilai (mg/L)	Kategori
1-10	<i>High Accumulator Plants</i>
0,1-1	<i>Moderate Accumulator Plants</i>
0,001-0,1	<i>Low Accumulator Plants</i>
<0,01	<i>Non Accumulator Plants</i>

Hasil analisis Tf menunjukkan bahwa keempat jenis mangrove melakukan translokasi logam berat dari akar menuju ke daun dengan nilai rata-rata TF melebihi satu ($TF > 1$) yang menandakan mangrove dapat berperan sebagai fitoremediasi logam berat. Tanaman dengan faktor biokonsentrasi dan faktor translokasi lebih besar dari satu (TF dan $BCF > 1$) memiliki potensi untuk digunakan dalam fitoremediasi (Kahangwa *et al.*, 2021).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut: 1). Kandungan logam berat Pb di air sudah melebihi ambang batas yang ditetapkan yaitu sebesar 0,005 mg/L, sedangkan untuk logam Cu masih di bawah ambang batas yang ditetapkan yaitu sebesar 0,05 mg/L. Kandungan logam berat Pb dan Cu pada sedimen masih dibawah ambang batas menurut National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) yaitu sebesar 46, 700 mg/L dan 34 mg/L; 2). Rata-rata penyerapan logam berat Pb dan Cu paling banyak oleh mangrove jenis *Sonneratia alba* dibandingkan dengan *Rhizophora apiculate*; 3). Rata-rata penyerapan logam Pb paling banyak terjadi pada akar mangrove dibandingkan pada daun, sedangkan untuk logam Cu paling banyak pada daun dibandingkan pada akar; 4). Mekanisme masuknya logam berat pada tumbuhan mangrove melalui akar pada saat menyerap air, mineral dan ion-ion dari lingkungan sekitarnya secara osmosis.

SARAN

Berdasarkan simpulan di atas dapat disarankan beberapa hal sebagai berikut: 1). Mengingat sumber pencemar dominan berasal dari pertanian dan rumah tangga, makaperlu mengurangi frekuensi penggunaan pupuk kimia dan pestisida, memilih pupuk / pestisida yang memiliki kadar logam berat lebih rendah dan perlu adanya pengawasan dan pelatihan rutin terhadap pembuatan pupuk kompos. Mengolah limbah rumah tangga dengan menambahkan bahan yang dapat menyaring zat pencemar seperti penggunaan pasir, arang dan batu koral; 2). Agar kedepannya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan mangrove dalam fitoremediasi khususnya pada jenis lainnya.

Daftar Pustaka

- Anshori, Jamaludin Al. 2005. Spektrometri Serapan Atom. Jurnal Kimia Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Ambarwati, Yuli. 2018. Fitoremediasi Limbah Logam Berat dengan Tumbuhan Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L). Jurnal Analit: Analytical and Environmental Chemistry. Volume 3, No. 02.
- Cahyani, D. Maryuli. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara Granosa*) di Perairan Sungai Sayung dan Sungai Gonjol, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. Jurnal Of Marine Research. Vol. 1 No 2; 73-79.
- Devi, Luh P. W. Kalfika, et al. 2015 Kandungan Cadmium dan Timbal Buah Mangrove *Bruguiera Gymnorhiza*, *Avicennia Alba* Dan *Sonneratia Caseolaris* dari Muara Sungai Mati dan Daerah Pemogan, Badung, Bali Indonesia. Jurnal Cakra Kimia Vol 3, No 2.
- Emilia, I., Suheriyanto & Zazili Hanafiah. 2013. Distribusi Logam Kadmium dalam Air dan Sedimen di Sungai Musi Kota Palembang. Jurnal Penelitian Sains 16 (2): 59-64.
- Eryani, I.G, et al. 2014. Perubahan fungsi lahan di muara sungai terhadap pelestarian sumber daya air. Jurnal Bumi Lestari. 14 (1), Hal: 85-90.
- Idris M, Abdullah S, Titah H, Latif M, Abasa A, Husin A, Hanima R, Ayub R. 2016. Screening and identification of plants at a petroleum contaminated site in malaysia for phytoremediation. Journal of Environmental Science and Management. 19:27-36.
- Idrus, Agil Al, et al. 2014. Kekhasan Morfologi Spesies Mangrove di Gili Sulat. Jurnal Biologi Tropis. Vol. 14
- Kahangwa, Caren A, at al. 2021. Assessing Phytoremediation Potentials Of Selected Plant Species in Restoration of Environments Contaminated by Heavy Metals in Gold Mining Areas of Tanzania. Jurnal Heliyon. 7
- Masriadi. 2019. Analisis Laju Distribusi Cemar Kadmium (Cd) di Perairan Sungai Jeneberang Kabupaten Gowa. Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian. Vol. 5 (2): 14-25.
- Masruroh, Siti. 2024. Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Tumbuhan Akuatk Sebagai Indikator Pencemaran di Sungai Brantas Mojokerto. Jurnal LenteraBio. Vol 13. No 1. Hal. 131-140.
- Mbaba, Karel Yesaya, et al. Analisa Konsentrasi Logam Cd Pada *Rhizophora*. Sp Menggunakan Metode AAS Di Kawasan Pelabuhan Gilimanuk Jembrana Bali . Jurnal Kappa. Vol: 3. No 1.
- Natzir, Nur Halim, et al. 2021. Akumulasi Logam Berat Pb dan Cd dalam Sedimen dan Hubungannya

- dengan Biota Laut di Perairan Tulehu Ambon. *Jurnal Biotropic*. Vol.5 (no.1): 41 -49.
- Putra, Muhammad D. Nugraha, et al. 2022. Studi Kandungan Logam Berat Timba (Pb) Pada Sedimen Dasar Perairan Banjir Kanal Timur Semarang. Indonesia *Jurnal Of Oceanography*. Vol. 04. No. 03: 13-21.
- Putri, wike A. Eka. 2020. Kajian Kualitas Air Muara Sungai Musi Sumatera Selatan. *Jurnal Of Marine and Aquatic Sciences*. Vol. 6; 36-42
- Ramessur, R.T., S. J. Parry, T. Ramjeawon. 2001. The relationship of dissolved Pb to some trace metals (Al, Cr, Mn and Zn) and to dissolved nitrate and phosphate in a freshwater aquatic system in Mauritius. *Environment International of Journal*, 26 (4): 223- 230.
- Subiandono E, Bismark M, Heriyanto N. 2013. Kemampuan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. dan *Rhizophora apiculata* BI. dalam penyerapan polutan logam berat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 10:93-102.
- Suwandewi, Indah, et al. 2015. Uji Kandungan Unsur Radioaktif dan Bakteri Pencemar *Escherichia Coli* Pada Limbah Industri di Daerah Hilir Sungai Badung Desa Pemogan. *Jurnal Fisika FMIPA Universitas Udayana*.
- Syaifullah, Moch, at al.2018. Kandungan Logam Non Esensial (Pb, Cd Dan Hg) Dan Logam Esensial (Cu, Cr dan Zn) Pada Sedimen di Perairan Tuban, Gresik dan Sampang Jawa Timur. *Jurnal Kelautan*. Vol. 11 (1).
- Supriyantini, Endang dan Nirwani Soenarjo. 2015. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Pada Akar dan Buah Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis* Vol. 18(2):98-106.