

Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Air, Sedimen, dan Lamun *Enhalus acoroides* di Perairan Pantai Sanur Kota Denpasar

Sasi Vita Aphrodita*, Adi Santoso dan Ita Riniatsih.

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia
*Corresponding author, e-mail: svitaaphrodita@gmail.com

ABSTRAK: Salah satu permasalahan lingkungan di laut adalah kandungan logam berat dalam perairan pesisir yang berasal dari kegiatan industri, maupun alam. Logam berat juga dapat membentuk senyawa toksik. Lamun merupakan tumbuhan laut yang dapat dijadikan sebagai indikator pencemaran logam berat di wilayah pesisir dengan kapasitas kemampuan bioakumulasinya logam berat Pb pada lamun. Hal ini karena lamun berinteraksi secara langsung dengan badan air dan substrat melalui daun dan akarnya untuk menyerap ion – ion logam berat. *Enhalus acoroides* merupakan salah satu lamun yang paling banyak ditemukan di kawasan perairan Pantai Sanur, Bali. Kawasan ini dikenal sebagai kawasan pariwisata yang banyak dikunjungi wisatawan domestik maupun mancanegara serta kawasan lokasi pariwisata yang banyak terdapat bangunan perhotelan dan fasilitas pariwisata. Selain itu, wilayah ini dijadikan sebagai dermaga untuk kapal – kapal nelayan dan fast boat yang diduga menjadi sumber masukan logam berat Timbal (Pb) di perairan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kandungan logam berat (Pb) pada air, sedimen, serta lamun *Enhalus acoroides* bagian akar, rhizome, dan daun. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode deskriptif dimana dilakukan dengan pengambilan sampel dengan metode purposive sampling yang dilakukan pada bulan Desember 2020 di Pantai Sanur. Selanjutnya analisis kandungan logam berat menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometry*). Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat pada air sebesar 0,0035–2,62 mg/l, pada sedimen sebesar 3,23–5,67 mg/l, pada akar sebesar 1,12–1,98 mg/l, pada rhizoma sebesar 0,16–3,04 mg/l, dan pada daun lamun sebesar 0,49–3,48 mg/l. Penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat Pb di perairan Pantai Sanur, pada air dan lamun sudah melebihi nilai baku mutu PP Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, sedangkan kandungan logam berat Pb pada sedimen masih di bawah baku mutu SEPA (Swedish Environmental Protection Agency) Tahun 2000.

Kata kunci: Logam berat; Timbal; *Enhalus acoroides*; Pantai Sanur

Analysis of Lead (Pb) Heavy Metal Content in Water, Sediment, and Seagrass *Enhalus acoroides* in Waters of Sanur Beach Denpasar City

ABSTRACT: One of the environmental problems in the sea is the content of heavy metals in coastal waters originating from industrial activities and nature. Heavy metals can also form toxic compounds. Seagrass can be used as an indicator of metal accumulation capacity because it interacts directly with water bodies and substrates through their leaves and roots to absorb heavy metal ions. *Enhalus acoroides* is one of the most common seagrasses found in the waters of Sanur Beach, Bali. This tourism area visited both domestic and foreign tourists have hotel buildings and tourism facilities at the location. In addition, there is a dock for fishing boats and fast boats suspected to be a source of heavy metal Lead (Pb). The research aims to determine the Pb heavy metal content in water, sediment, and the seagrass' roots, stems, and leaves. The method used in this research is a descriptive method by taking a sample with a purposive sampling method in December 2020 on Sanur Beach, then analyzed using AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). Based on research results showed that the content of heavy metals in water was 0,0035–2,62 mg/l, in sediment was 3,23–5,67 mg/l, in root was 1,12–1,98 mg/l, in stem was 0,16–3,04 mg/l, and in leaves was 0,49–3,48 mg/l. The conclusion was Pb content both in the waters and seagrass at Sanur Beach has exceeded the quality standard of Republic of Indonesia

Government Regulation Number 22 of 2021, while the content in the sediment is still below the 2000 SEPA (Swedish Environmental Protection Agency) quality standard.

Keywords: Heavy metal; Lead; *Enhalus acoroides*; Sanur Beach

PENDAHULUAN

Pencemaran laut merupakan permasalahan yang sangat serius untuk ditangani. Hal ini dikarenakan dapat merugikan lingkungan dan ekosistem secara umum. Salah satu indikator permasalahan lingkungan di laut adalah kandungan logam berat dalam perairan pesisir yang berasal dari kegiatan industri, maupun alam. Selain itu, logam berat juga dapat membentuk senyawa toksik. Keberadaan logam berat di perairan laut dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain dari kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian dan buangan industri (Parawita *et al.*, 2009). Peningkatan kadar logam berat akan mempengaruhi kehidupan organisme laut. Logam berat pada kadar rendah yang sebelumnya dibutuhkan untuk proses metabolisme berubah menjadi racun. Hal ini berkaitan dengan sifat logam berat yaitu sulit terurai sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan (Ika *et al.*, 2011).

Lamun merupakan tumbuhan laut yang dapat dijadikan sebagai suatu penanda kapasitas akumulasi logam karena berinteraksi secara langsung dengan badan air dan substrat melalui daun dan akarnya untuk menyerap ion – ion logam berat. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa lamun dapat merefleksikan status kesehatan perairan secara keseluruhan (Ahmad *et al.*, 2015). Pemanfaatan lamun sebagai bioindikator pencemaran logam berat telah dilakukan oleh Supriyantini *et al.* (2016), yang meneliti kandungan logam berat Zn (Seng) pada lamun *Enhalus acoroides* di perairan Pantai Kartini Jepara. Hasil penelitian menunjukkan nilai akumulasi logam berat Zn (Seng) pada akar *Enhalus acoroides* berkisar antara 0,98–2,06 mg/kg dan pada daun 0,60-1,01 mg/kg.

Ditemukan 7 spesies lamun di perairan Pantai Sanur, yaitu *Enhalus acoroides*, *Oceana serrulata*, *Cymodocea rotundata*, *Halodule pinifolia*, *Halophila ovalis*, *Halodule uninervis*, dan *Syringodium isoetifolium* (Arthana, 2004). Selain potensi ekologis, padang lamun memiliki banyak potensi lainnya seperti sebagai penunjang ekowisata (Jarlis *et al.*, 2017), sebagai pencadangan kawasan konservasi (Pratiwi *et al.*, 2018), dan sebagai penyerap karbon di perairan (Ganefiani *et al.*, 2019). *Enhalus acoroides* adalah salah satu spesies lamun yang memiliki kontribusi stok karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesies lainnya, yaitu menyumbang lebih dari 70% terhadap total stok karbon (Supriadi *et al.*, 2014).

Penyerapan logam berat Pb pada tumbuhan akuatik terdapat dua jalan, yaitu melalui akar dan daun. Masuknya partikel Pb ke dalam jaringan daun bukan karena dibutuhkan lamun, tetapi hanya sebagai akibat adanya lapisan kutikula sebagai pengganti fungsi stomata dan ukuran partikel Pb yang relatif kecil. Selain itu kadar logam berat dalam tumbuhan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jangka waktu pertumbuhan kontak dengan logam serta lingkungan yang mempengaruhi area seperti jenis dan banyaknya tumbuhan penutup dan biota di sekeliling tumbuhan tersebut (Resti, 2016). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat (Pb) pada air, sedimen, serta lamun *Enhalus acoroides* bagian akar, rhizome, dan daun.

Pantai Sanur yang terletak di Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar, Bali merupakan salah satu pantai yang memiliki ekosistem tumbuhan lamun. Menurut Graha *et al.* (2016), *Enhalus acoroides* merupakan salah satu lamun yang paling banyak ditemukan di kawasan perairan Pantai Sanur. Kawasan ini dikenal sebagai kawasan pariwisata yang banyak dikunjungi tamu domestik maupun mancanegara serta termasuk lokasi yang terdapat bangunan perhotelan. Selain itu, Pantai Sanur juga dijadikan dermaga untuk kapal – kapal nelayan dan kapal pariwisata yang diduga menjadi sumber logam berat timbal (Pb). Masuknya Pb ke perairan Pantai Sanur dapat berdampak bagi organisme yang hidup di dalamnya. Nilai kandungan logam berat Timbal (Pb) pada setiap ekosistem lamun berbeda-beda hasilnya, hal ini diakibatkan setiap ekosistem memiliki kemampuan penyerapan logam berat Timbal (Pb) yang berbeda, tergantung pada kondisi

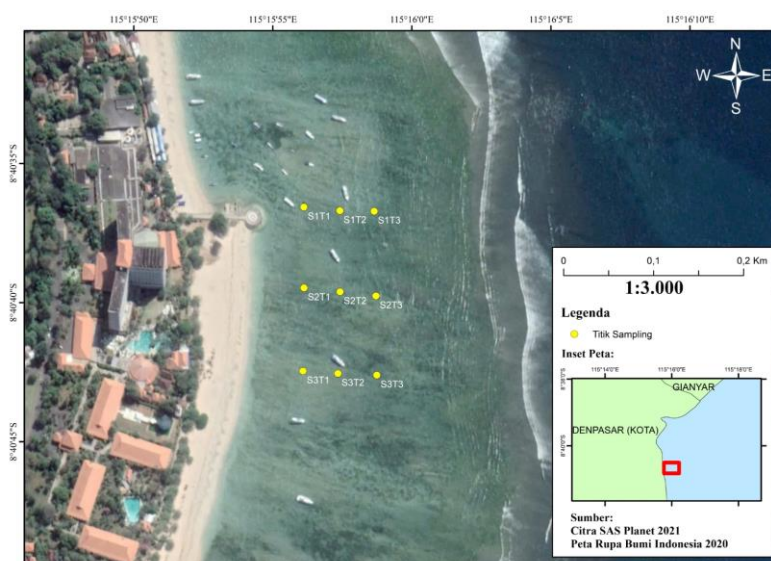
morfologi, jenis lamun, kerapatan dan kondisi lingkungan perairannya. Maka dari itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kandungan logam berat Pb pada air, sedimen, serta bagian akar, rhizoma, dan daun lamun di Perairan Pantai Sanur, Kota Denpasar.

MATERI DAN METODE

Parameter yang diamati, yaitu kandungan logam berat Pb yang terdapat di air, sedimen, dan organ (akar, rhizoma, daun) lamun. Parameter lingkungan yang diukur diantaranya suhu, salinitas, pH, dan DO (*dissolved oxygen*) pada perairan. Pengukuran kadar logam berat menggunakan *Atomic Absorption Spectrofotometry* (AAS). Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif, yaitu metode yang bertujuan untuk membuat gambaran secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta – fakta, sifat – sifat hubungan antar fenomena yang diselidiki (Nazir, 2005). Penentuan lokasi penelitian menggunakan *purposive sampling* dimana penentuannya berdasarkan pertimbangan tertentu. Penentuan pemilihan stasiun penelitian ini adalah lokasi yang sejajar dengan garis pantai dimana stasiun I berada di wilayah penyebrangan transportasi laut; stasiun II berhadapan langsung dengan pintu masuk dan penjual *souvenir* maupun makanan; dan stasiun III berhadapan langsung dengan kawasan perhotelan. Lokasi masing-masing stasiun pengamatan dapat dilihat pada Gambar 1 dan koordinat titik stasiun penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koordinat Titik Stasiun Penelitian

Lokasi	Stasiun	Titik	Koordinat	
			Lintang Selatan	Bujur Timur
Pantai Sanur	I	I	8°40'38.2"	115°15'56.1"
		II	8°40'38.2"	115°15'56.6"
		III	8°40'38.1"	115°15'56.8"
	II	I	8°40'39.4"	115°15'56.1"
		II	8°40'39.5"	115°15'56.5"
		III	8°40'39.4"	115°15'56.2"
	III	I	8°40'42.4"	115°15'56.0"
		II	8°40'42.5"	115°15'56.4"
		III	8°40'42.6"	115°15'57.1"



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Pantai Sanur

Pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah meliputi air laut, sedimen, dan lamun *Enhalus acoroides*. Sampel air diambil pada masing – masing stasiun dengan menggunakan botol plastik berukuran 600ml. Sampel sedimen diambil dengan menggunakan sekop kemudian dimasukkan ke dalam plastik *ziplock*. Sampel lamun diambil dengan mencabut hingga ke akar sebanyak 4 tegakan yang berbeda tempat tumbuhnya pada setiap stasiun. Selanjutnya, seluruh sampel dipreparasi guna memudahkan uji logam Pb. Sampel air laut dimasukkan kedalam erlenmeyer sebanyak 100 ml, kemudian ditambahkan HNO₃ pekat sebanyak 10 ml. Larutan sampel dipanaskan menggunakan *hot plate*. Selanjutnya, ditambahkan kembali larutan aquades sampai volume menjadi 100 ml. Kemudian filtrate sampel dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades sampai tepat pada tanda batas. Sampel sedimen dan lamun dipanaskan dengan menggunakan oven dengan suhu 100°C selama 2-3 jam. Sampel sedimen yang sudah dikeringkan dibawa ke Laboratorium Analitik Universitas Udayana dengan mengambil sampel sebanyak 1 gr, kemudian ditambahkan HNO₃ sebanyak 5 ml secara bertahap dan dipanaskan menggunakan *hot plate*. Setelah itu, aquades ditambahkan hingga volume menjadi 25ml. Larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring dan diletakkan pada botol sampel. Selanjutnya preparasi sampel lamun, sampel akar, rhizoma, dan daun yang sudah menjadi bubuk akan ditimbang masing – masing sebanyak 1 gr, kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker ukuran 100 ml secara terpisah. Masing – masing sampel ditambahkan dengan 6 ml H₂SO₄ dan 6 ml HNO₃ secara bertahap dan dipanaskan menggunakan *hot plate* dengan suhu 85°C. Selanjutnya, masing – masing sampel dihomogenkan dan dipanaskan kembali menggunakan *hot plate*. Larutan tersebut ditambahkan dengan aquades hingga volume menjadi 25 ml untuk pengenceran. Larutan yang sudah terendap disaring dengan menggunakan kertas saring berukuran 0,45µm. Setelah itu, sampel yang sudah disaring dimasukkan ke dalam botol sampel. Larutan sampel tersebut dapat dianalisis dengan menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometric*) berdasarkan SNI 2354.5-2011. Seluruh sampel dianalisis kandungan logam berat Pb di UPTD. Balai Laboratorium Kesehatan Provinsi Bali. Hasil yang didapatkan dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 untuk melihat tingkat pencemaran logam berat Pb pada air dan lamun di perairan Pantai Sanur, sedangkan kandungan logam berat Pb pada sedimen dibandingkan dengan baku mutu SEPA (*Swedish Environmental Protection Agency*) Tahun 2000.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kandungan logam berat Pb di kolom air yang berada di Pantai Sanur didapatkan hasil berkisar 0,0035–2,62 mg/l dengan mengalami kenaikan kandungan logam berat Pb yang cukup tinggi pada pengulangan ketiga di setiap stasiun. Kandungan logam berat Pb pada sedimen cukup bervariasi, berkisar antara 3,23–5,67 mg/l dengan terjadi kenaikan yang terjadi pada pengulangan ketiga. Hasil analisis kandungan Pb yang ada di akar lamun berkisar 1,12–1,98 mg/l, sementara kandungan Pb pada rhizoma berkisar antara 0,16–3,04 mg/l, dan kandungan Pb pada daun lamun berkisar antara 0,49–3,48 mg/l.

Berdasarkan hasil analisis (Tabel 2), kandungan logam berat Pb pada kolom air di Pantai Sanur didapatkan hasil yang konstan pada pengulangan pertama dan kedua di ketiga stasiun, namun pada pengulangan ketiga didapatkan hasil yang cukup tinggi. Pengulangan pertama dan kedua menunjukkan hasil kandungan Pb yang sangat rendah diduga akibat adanya pengaruh dari pasang surut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wardani *et al.* (2014), bahwa dengan adanya pengaruh dari arus dan pasang surut, logam berat yang terdapat pada air laut dapat berpindah tempat dan bergerak secara bebas sehingga logam berat Pb mengalami pengenceran. Kandungan logam berat mengalami kenaikan yang cukup tinggi pada pengulangan ketiga, sebagaimana yang dinyatakan oleh Darmono (2001) bahwa konsentrasi logam berat Pb dapat meningkat dalam jaringan sejalan dengan meningkatnya logam berat di dalam kolom perairan, karena logam berat Pb bersifat non esensial. Selain itu, Fauziah *et al.* (2012), menyatakan bahwa kenaikan suhu perairan cenderung menaikkan akumulasi dan tingkat toksisitas logam berat karena meningkatnya laju metabolisme dari organisme air. Tingginya konsentrasi logam berat diduga

diakibatkan oleh musim pada saat pengambilan sampel. Hal ini sesuai dengan pernyataan Istighfarini *et al.* (2017), bahwa kandungan logam berat akan meningkat pada musim kemarau karena logam menjadi terkonsentrasi.

Sumber pencemaran di perairan Pantai Sanur diduga berasal dari berbagai macam sumber, seperti kegiatan pariwisata, aktivitas kapal nelayan dan *fast boat*, serta limbah perhotelan. Kapal nelayan dan *fast boat* diduga menjadi sumber pencemaran yang mendominasi di lokasi penelitian. Menurut Palar (2004), bensin yang digunakan sebagai bahan bakar kapal mengandung TEL (*Tetra Ethyl Lead*) yang terdiri dari ikatan antara karbon dan timbal (Pb). Selain itu, Rusli (2015) menyatakan bahwa cat pada kapal mengandung timbal (Pb) yang memiliki fungsi sebagai penghambat proses pengkaratan pada permukaan logam dan mempercepat pengeringan cat. Kualitas air di Pantai Sanur Bali dapat mempengaruhi konsentrasi logam berat Pb dalam perairan. Ayres (1994) menyatakan bahwa meningkatnya nilai pH membuat perairan bersifat basa, sehingga dapat menurunkan konsentrasi logam berat. Menurut Usman *et al.* (2013), peningkatan nilai pH pada perairan dapat menurunkan kelarutan logam berat karena kenaikan pH tersebut mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada perairan mengakibatkan logam berat akan mengendap dan terakumulasi dalam sedimen.

Kandungan logam berat Pb pada sedimen pengulangan pertama dan kedua menunjukkan hasil yang tidak begitu jauh selisihnya. Namun, pada pengulangan ketiga mengalami kenaikan yang cukup tinggi. Hal ini diduga terjadi akibat pengaruh dari kualitas lingkungan. Logam berat Pb memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan salinitas, yang berarti semakin rendah salinitas maka akan meningkatkan konsentrasi logam berat pada sedimen. Menurut Suwarsito dan Sarjanti (2014), nilai salinitas yang menurun dapat mengakibatkan logam berat berikatan dengan Cl^- , sehingga logam berat Pb lebih banyak ditemukan dalam bentuk ion dan akan terserap oleh sedimen. Selain itu, nilai oksigen terlarut (DO) juga mempengaruhi kandungan logam berat Pb dalam sedimen. Menurut Wicaksono *et al.* (2016), penurunan nilai DO menyebabkan logam berat Pb dalam bentuk Pb^{4+} akan berubah menjadi Pb^{2+} dan kemudian akan mengendap di sedimen, sehingga konsentrasi logam berat Pb dalam sedimen meningkat. Secara umum, logam berat Pb dapat membahayakan kehidupan biota laut termasuk lamun. Akumulasi logam berat Pb pada sedimen dapat menimbulkan lamun yang hidup menempel pada sedimen mengakumulasi logam berat tersebut ke dalam tubuhnya melalui akar. Logam berat pada lamun dapat menyebabkan gangguan pada pertumbuhan dan rawan terkena penyakit (Fatoba dan Udoh, 2008). Nilai parameter lingkungan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 2. Rata-rata Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) di Pantai Sanur Bali

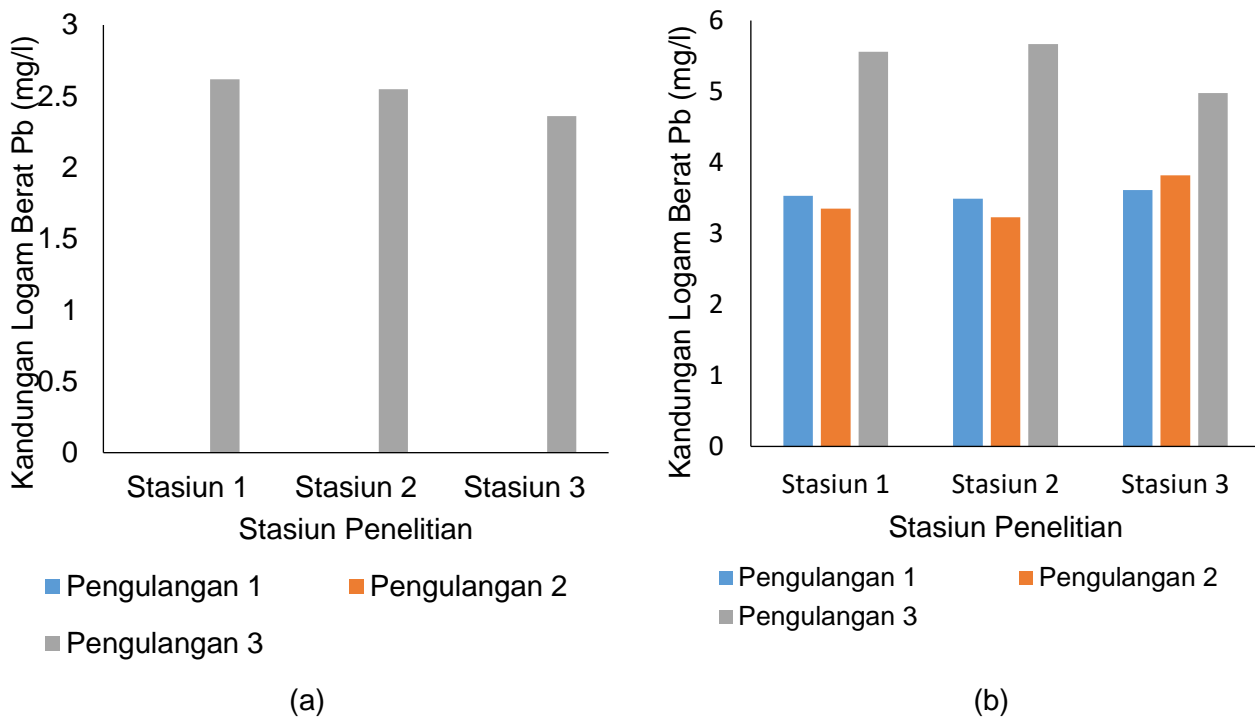
Lokasi dan Pengulangan		Kandungan Logam Berat Pb (mg/l)				
Stasiun	Pengulangan	Air	Sedimen	Akar	Rhizoma	Daun
I	I	0,0035	3,53	1,34	0,26	1,32
	II	0,0035	3,35	1,42	0,63	0,91
	III	2,62	5,56	1,63	2,77	3,48
II	I	0,0035	3,49	1,31	0,28	0,58
	II	0,0035	3,23	1,12	0,49	0,85
	III	2,55	5,67	1,98	3,04	2,99
III	I	0,0035	3,61	1,64	1,25	1,41
	II	0,0035	3,82	1,15	0,16	0,49
	III	2,36	4,98	1,79	3,00	2,72
Baku Mutu		0,005 ^{a)}	25mg/kg ^{b)}		0,008 ^{a)}	

Sumber: a) Baku Mutu Kadar Timbal (Pb) Air Laut (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021). b) *Swedish Environmental Protection Agency, 2000*

Tabel 3. Rata-rata Kualitas Lingkungan di Pantai Sanur Bali

Stasiun	Pengulangan	Suhu (°C)	DO (mg/l)	pH	Salinitas (‰)
I	I	29	9,4	8	33
	II	30	7,5	7,8	33
	III	30,5	6,7	7,5	30
II	I	27,8	6,5	7,2	33
	II	28,8	6,3	7	33
	III	29	5,3	7	32
III	I	30,2	6,2	7,55	32
	II	30,3	6,5	7,53	33
	III	30,2	5,8	7,53	31
Baku Mutu ^{a)}		28-30	>5	7-8,5	33-34

Sumber: a) Baku Mutu Air Laut dan Biota Laut (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021).



Gambar 2. Kandungan Logam Berat Pb pada Air (a) dan Sedimen (b) di Pantai Sanur

Tingginya penyerapan logam berat Pb pada akar dikarenakan akar merupakan bagian tubuh lamun yang berasosiasi secara langsung dengan sedimen. Pengendapan logam berat Pb yang terjadi di sedimen diserap oleh akar dengan cara proses pengambilan nutrisi dari sedimen melalui akar (Irhamni *et al.*, 2017). Logam berat Pb pada bagian akar terakumulasi terutama pada jaringan eksodermis dan endodermis. Menurut Tupan dan Azrianingsih (2016) bahwa jaringan tersebut berperan penting untuk melindungi tanaman dari stres akibat adanya kandungan logam berat. Kandungan logam berat Pb pada rhizoma dan daun lamun mengalami peningkatan yang cukup tinggi pada pengulangan ketiga di ketiga stasiun. Hal ini diduga akibat dari kandungan logam berat Pb pada sedimen dan air yang mengalami peningkatan yang cukup tinggi juga pada saat pengulangan ketiga. Hal tersebut dapat terjadi akibat pengaruh dari kemampuan akar dalam menyerap logam berat Pb dari substratnya (Natsir *et al.*, 2019). Konsentrasi logam berat Pb pada daun tidak hanya berasal dari kemampuan akar mentranslokasikan logam berat Pb, namun juga

dari proses penyerapan oleh daun (Sugiyanto *et al.*, 2016). Daun lamun dapat menyerap nutrisi melalui kolom air dengan menggunakan kutikula yang tipis sebagai pengganti fungsi stomata pada daun. Proses penyerapan logam berat Pb pada kolom air melalui kutikula daun dilakukan dengan jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan yang diserap oleh akar (Bidayani *et al.*, 2017).

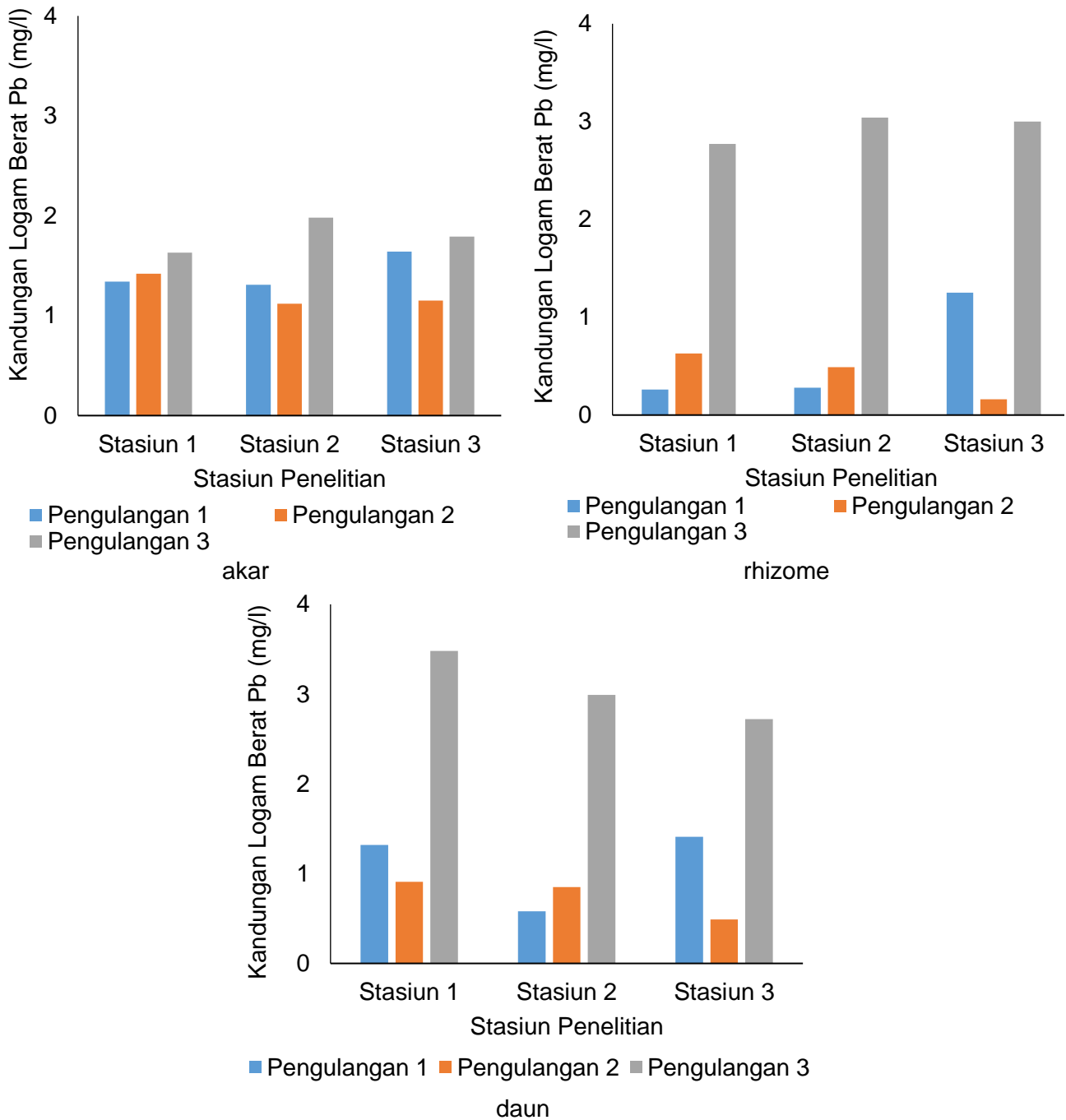
Seluruh bagian lamun secara umum dapat digunakan sebagai bioindikator dan bioakumulator pencemaran logam berat yang terdapat di perairan maupun sedimen. Hal tersebut memungkinkan lamun dapat menyerap dan mengakumulasi logam berat karena seluruh tubuh lamun terendam dalam air (Ahmad *et al.*, 2015). Fisiologi lamun dapat menentukan kemampuan bagian tubuh dalam mengakumulasi logam berat. Transpor logam berat dapat terjadi secara aktif atau pasif dalam tubuh lamun (Lagostera *et al.*, 2011). Hal ini memungkinkan konsentrasi logam berat Pb pada setiap bagian tubuh seperti akar, rhizoma, dan daun lamun berbeda.

Faktor biokonsentrasi (BCF) dihitung dengan perbandingan antara kandungan logam berat Pb pada akar, rhizoma, dan daun lamun dengan kandungan logam berat Pb pada sedimen. Nilai BCF pada akar berkisar antara 0,29–0,45, pada rhizoma berkisar antara 0,07–0,60, dan pada daun lamun berkisar antara 0,16–0,63. Nilai BCF pada bagian akar tertinggi terdapat pada stasiun III pengulangan pertama, pada bagian rhizoma tertinggi terdapat pada stasiun III pengulangan ketiga, dan pada bagian daun terdapat pada stasiun I pengulangan ketiga. Menurut Sugiyanto *et al.* (2016), kategori biokonsentrasi tanaman dapat dibagi menjadi 3, yaitu akumulator apabila nilai $BCF > 1$, excluder apabila nilai $BCF < 1$, dan indikator apabila $BCF = 1$. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa lamun *Enhalus acoroides* di Pantai Sanur dapat menyerap logam berat Pb dengan nilai BCF pada pengulangan pertama, kedua, dan ketiga di masing – masing stasiun, yaitu < 1 . Sesuai dengan pernyataan Sugiyanto *et al.* (2016), faktor biokonsentrasi *Enhalus acoroides* di Pantai Sanur bersifat excluder yang berarti tanaman secara efektif mencegah masuknya logam berat ke bagian atas tanaman, namun konsentrasi logam berat di sekitar area perakaran masih tinggi. Hasil perhitungan nilai BCF membuktikan bahwa *Enhalus acoroides* dapat mengakumulasi logam berat Pb yang terdapat di Pantai Sanur. Hal ini sesuai dengan pernyataan Supriyantini *et al.* (2016), bahwa lamun *Enhalus acoroides* mampu menyerap dan mengakumulasi logam berat di suatu perairan.

Nilai faktor translokasi (TF) dihitung dengan perbandingan nilai kandungan logam berat Pb pada daun dengan kandungan logam berat Pb pada akar. Hasil perhitungan translokasi logam berat pada lamun *Enhalus acoroides* di Pantai Sanur cukup bervariasi, dimana faktor translokasi pada pengulangan pertama, kedua, dan ketiga di ketiga stasiun berkisar antara 0,43–2,13. Nilai TF pada pengulangan pertama dan kedua di ketiga stasiun menunjukkan hasil < 1 , sedangkan pada pengulangan ketiga menunjukkan hasil > 1 . Menurut Baker (1981), nilai TF memiliki 2 kategori, yaitu tanaman memiliki mekanisme fitoekstraksi dengan nilai $TF > 1$ dan tanaman memiliki mekanisme fitostabilisasi dengan nilai $TF < 1$. Berdasarkan hasil penelitian, faktor translokasi pada lamun *Enhalus acoroides* pada pengulangan ketiga masuk ke dalam kategori mekanisme fitoekstraksi. Fitoekstraksi adalah proses penyerapan logam berat oleh akar tanaman, kemudian ditranslokasikan ke bagian rhizoma dan daun (Baker, 1981), sedangkan faktor translokasi pada lamun *Enhalus acoroides* pada pengulangan pertama dan kedua di ketiga stasiun masuk ke dalam kategori mekanisme fitostabilisasi. Fitostabilisasi adalah proses mentransformasi polutan di dalam tanah oleh tanaman menjadi senyawa non toksik tanpa menyerap polutan tersebut terlebih dahulu ke dalam tubuh tanaman (Baker, 1981).

Tabel 4. Akumulasi dan Translokasi Logam Berat Pb di Perairan Pada Pengulangan Pertama

Lokasi	Stasiun	BCF			TF
		Akar	Rhizoma	Daun	
Pantai Sanur	I	0,38	0,07	0,37	0,99
	II	0,38	0,08	0,17	0,45
	III	0,45	0,34	0,39	0,86



Gambar 3. Kandungan Logam Berat Pb pada lamun di Pantai Sanur

Tabel 5. Akumulasi dan Translokasi Logam Berat Pb di Perairan Pada Pengulangan Kedua

Lokasi	Stasiun	BCF			TF
		Akar	Rhizoma	Daun	
Pantai Sanur	I	0,42	0,19	0,27	0,64
	II	0,35	0,15	0,26	0,75
	III	0,30	0,04	0,13	0,43

Tabel 6. Akumulasi dan Translokasi Logam Berat Pb di Perairan Pada Pengulangan Ketiga

Lokasi	Stasiun	BCF			TF
		Akar	Rhizoma	Daun	
Pantai Sanur	I	0,29	0,50	0,63	2,13
	II	0,35	0,54	0,53	1,51
	III	0,36	0,60	0,55	1,52

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Kandungan logam berat Pb di perairan Pantai Sanur Bali pada air dan lamun sudah melebihi nilai baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, sedangkan kandungan logam berat Pb pada sedimen masih di bawah baku mutu SEPA (Swedish Environmental Protection Agency) Tahun 2000. Kandungan logam berat pada air sebesar 0,0035 – 2,62 mg/l, pada sedimen sebesar 3,23–5,67 mg/l, pada akar sebesar 1,12–1,98 mg/l, pada rhizoma sebesar 0,16–3,04 mg/l, dan pada daun lamun sebesar 0,49–3,48 mg/l. Faktor biokonsentrasi logam berat timbal (Pb) pada akar lamun *Enhalus acoroides* berkisar antara 0,29–0,45; pada rhizoma berkisar antara 0,07–0,60; dan pada daun berkisar antara 0,16–0,63; sedangkan faktor translokasi memiliki nilai <1 dan >1.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F., Azman, S., Said, M.I.M. & Baloo, L. 2015. Biomonitoring of Metal Contamination in Estuarine Ecosystem Using Seagrass. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 13(41):1–4. DOI: 10.1186/s40201-015-0198-7
- Arthana, I.W. 2004. Jenis dan Kerapatan Padang Lamun di Pantai Sanur Bali. Fakultas Pertanian, Universitas Udayana, Bali.
- Ayres, D.M. 1994. Removing Heavy Metals from Wastewater. Maryland University, United States of America.
- Baker, A.J.M. 1981. Accumulator and Excluders-Strategic in the Response of Plants to Heavy Metals. *Journal of Plant Nutrition*, 3(1-4):643-654. DOI: 10.1007/s12010-012-9657-0
- Bidayani, E., Rosalina, D. & Utami, E. 2017. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Lamun *Cymodocea serrulata* di Daerah Penambangan Timah Kabupaten Bangka Selatan. *Maspari Journal*, 9(2):169–176. DOI: 10.14710/ik.ijms.19.1.1-10
- Darmono, D. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Fatoba, P.O. & Udoh, E.G. 2008. Effects of Some Heavy Metals on Chlorophyll Accumulation in *Barbula lambarenensis*. *Ethnobotanical Leaflets*, 12(1):776–783.
- Fauziah, A.R., Rahardja, B.S. & Cahyoko, Y. 2012. Korelasi Ukuran Kerang Darah (*Anadara ganosa*) dengan Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) di Muara Sungai Ketingan, Sidoarjo, Jawa Timur. *Journal of Marine and Coastal Science*, 1(1):34-44.
- Ganefiani, A., Suryanti, S. & Latifah, N. 2019. Potensi Padang Lamun Sebagai Penyerap Karbon di Perairan Pulau Karimunjawa, Taman Nasional Karimunjawa. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 14(2):115–122. DOI: 10.14710/ijfst.14.2.115-122
- Graha, Y.I., Arthana, I.W. & Karang, I.W.G.A. 2016. Simpanan Karbon Padang Lamun di Kawasan Pantai Sanur. Kota Denpasar. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 10(1):46-53. DOI: 10.24843/EJES.2016.v10.i01.p08
- Ika, I., Tahril, T. & Said, I. 2011. Analisis Logam Timbal (Pb) dan Besi (Fe) dalam Air Laut di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan Palu Utara. *Jurnal Akademika Kimia*, 1(4):181-186.
- Irhamni, I., Pandia, S., Purba, E. & Hasan, W. 2017. Kajian Akumulator Beberapa Tumbuhan Air Dalam Menyerap Logam Berat Secara Fitoremediasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 1(2):75-84. DOI: 10.5281/ZENODO.400012

- Istighfarini, S.A.E., Daud, S., & Edward, E. 2017. Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe pada Air Gambut. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, 4(1):1-8.
- Jarlis, A.I.K., Prihadi, D.J., Agung, M.U.K., & Wahyuniar, W. 2017. Potensi Sumberdaya Lamun Sebagai Penunjang Ekowisata di Pulau Menjangan Besar, Kepulauan Karimun Jawa. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 8(2):43–49.
- Llagostera, I., Perez, M. & Romero, J. 2011. Trace Metal Content in the Seagrass *Cymodocea nodosa*: Differential Accumulation in Plant Organs. *Aquatic Botany*, 95(1):124–128. DOI: 10.1016/j.aquabot.2011.04.005
- Natsir, N.A., Selanno, D.A.J., Tupan, C.I. & Male, Y.T. 2019. Uji Kandungan Logam Berat Pb dan Hg pada Air, Sedimen, dan Lamun (*Enhalus acoroides*) di Perairan Teluk Kayeli Kabupaten Buru Provinsi Maluku. *Jurnal Biology Science and Education*, 8(1):9-20. DOI: 10.33477/bs.v8i1.842
- Nazir, M. 2005. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta. Rineka Cipta, 152 hal.
- Parawita, D., Insafitri, I., & Nugraha, W.A. 2009. Analisis Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) di Muara Sungai Porong. *Jurnal Kelautan*, 2(2):117–124. DOI: 10.21107/jk.v2i2.862
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lampiran VII.
- Pratiwi, P.I., Lestari, F., & Susiana, S. 2018. Potensi Sumberdaya Lamun Sebagai Pencadangan Kawasan Konservasi di Perairan Beloreng, Tembeling, Kabupaten Bintan. *Jurnal Akuatiklestari*, 2(1):12–21. DOI: 10.31629/akuatiklestari.v2i1.2348
- Resti, A. 2016. Penentuan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Daun Bayam (*Amaranthus spp.*) Menggunakan Destruksi Basah Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA). Jurusan Kimia, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Malang.
- Rusli, A. 2015. Pengujian Kuantitatif Kandungan Logam Dalam Cat Dengan Teknik Radiografi Sinar X. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Bandung, 39 hal.
- SNI 2354.5-2011. Penentuan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Produk Perikanan. Badan Standarisasi Nasional.
- Sugiyanto, R.A.N., Defri, Y. & Rarasrum, D.K. 2016. Analisis akumulasi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada lamun *Enhalus acoroides* sebagai agen fitoremediasi di Pantai Paciran Lamongan. Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan VI, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Malang, 4 Mei 2016. 449-455 hal.
- Supriadi, S., Kaswadji, R. F., Bangen, D.G. & Hutomo, M. 2014. Carbon Stock of Seagrass Community in Barranglompo Island, Makassar. *Ilmu Kelautan*, 19(1): 1–10. DOI: 10.14710/ik.ijms.19.1.1-10
- Supriyantini, E., Sedjati, S. & Nurfadhli, Z. 2016. Akumulasi Logam Berat Zn (Seng) Pada Lamun *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii* di Perairan Pantai Kartini Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(1):14–20. DOI: 10.14710/buloma.v5i1.11291
- Suwarsito, S. & Sarjanti, E. 2014. Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat pada Sedimen dan Biota Air di Muara Sungai Serayu Kabupaten Cilacap. *Jurnal Geo Edukasi*, 3(1):30-37.
- Tupan, C.I. & Azrianingsih, R. 2016. Accumulation and Deposition of Lead Heavy Metal in the Tissue of Roots, Rhizomes and Leaves of Seagrass *Thalassia hemprichii* (Monocotyledoneae, Hydrocharitaceae). *Bioflux*, 9(3):580–589.
- Usman, S., Nafie, N.L., & Ramang, M. 2013. Distribusi Kuantitatif Logam Berat Pb dalam Air, Sedimen dan Ikan Merah (*Lutjanus erythropterus*) di Sekitar Perairan Pelabuhan Parepare. *Marina Chimica Acta*, 14(2):49–55. DOI:10.20956/mca.v14i2.1189
- Wardani, D.A.K., Dewi, N.K. & Utami, N.R. 2014. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Daging Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Muara Sungai Banjir Kanal Barat Semarang. *Jurnal Biologi*, 3(1):1-8.
- Wicaksono, E.A., Sriati S. & Lili, W. 2016. Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Makrozoobenthos di Perairan Waduk Cirata, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 7(1):103–114.