

SKRIPSI

AKUMULASI LOGAM KADMIUM (Cd) PADA TUMBUHAN LAMUN *Enhalus acoroides* DI PUNDATA BAJI, KECAMATAN LABAKKANG, KABUPATEN PANGKEP, SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh:

FAJRIANI

L011 17 1507



PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022

LEMBAR PENGESAHAN

**AKUMULASI LOGAM KADMIUM (Cd) PADA TUMBUHAN LAMUN *Enhalus
acoroides* DI PUNDATA BAJI, KECAMATAN LABAKKANG, KABUPATEN
PANGKEP, SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

FAJRIANI
L011 17 1507

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Studi S1 Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 11 Februari 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc

NIP. 19670826 199103 2 001

Pembimbing Anggota,

Dr. Supnadi, ST, M.Si

NIP. 19691201 199503 1 002

Ketua Program Studi Ilmu Kelautan,

Dr. Khairul Amri, ST, M.Sc. Stud.

NIP. 19690706 1995121002

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Fajriani
NIM : L011 17 1 507
Program Studi : Ilmu Kelautan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Akumulasi Logam Kadmium (Cd) pada Tumbuhan Lamun *Enhalus acoroides* di
Pundata Baji, Kecamatan Labakkang, Kabupaten Pangkep, Sulawesi
Selatan

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang
lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan
skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan
tersebut.

Makassar, 20 Februari 2022

Yang menyatakan



Fajriani

NIM. L011171507

PERNYATAAN AUTHORSHIP

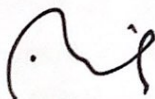
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fajriani
NIM : L011 17 1507
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Skripsi/Tesis/Disertasi pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai author dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun sejak pengesahan Skripsi) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan Skripsi ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikutkan.

Makassar, 20 Februari 2022

Mengetahui,
Ketua Departemen Ilmu Kelautan



Dr. Kharul Amri, ST, M.Sc.Stud
NIP. 196907061995121002

Penulis



Fajriani
L011 17 1507

ABSTRAK

FAJRIANI L011 17 1507. "Akumulasi Logam Kadmium (Cd) pada Tumbuhan Lamun *Enhalus acoroides* di Pundata baji, Kecamatan Labakkang, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan" dibimbing oleh **SHINTA WERORILANGI** sebagai Pembimbing Utama dan **SUPRIADI** sebagai Pembimbing Pendamping.

Kabupaten Pangkep memiliki ekosistem pantai yang luas yang didominasi oleh jenis lamun *Enhalus acoroides*, tepatnya di salah satu kelurahan di Kecamatan Labakkang yaitu Pundata Baji. Ada dugaan karena adanya limbah cair dari PLTU yang berdekatan wilayah Pundata Baji sebagai penyebab meningkatnya konsentrasi kadmium (Cd) di perairan sekitarnya. Oleh karena itu tujuan penelitian ini adalah untuk : 1) mengetahui konsentrasi logam Cd pada bagian atas (daun) dan bagian bawah (akar dan rhizoma) *Enhalus acoroides*; 2) menganalisis hubungan konsentrasi logam Cd pada bagian atas lamun dengan konsentrasi Cd di air; dan 3) menganalisis hubungan konsentrasi Cd di sedimen dan di lamun dengan biomassa lamun di Pundata Baji, Kabupaten Pangkep. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai Mei 2021. Parameter lingkungan di lokasi pengambilan sampel, pengukuran suhu, salinitas, pH dan DO diukur secara *in situ* sedangkan BOT, ukuran butir sedimen, Potensial redoks (Eh) dan biomassa lamun diukur secara *ex situ*. Nilai konsentrasi logam Cd pada air berkisar 0.003-0.004 mg/L. Kandungan logam Cd pada sedimen berkisar 0.003-0.004 mg/kg. Kandungan logam Cd pada lamun berkisar 0.003-0.011 µg/gr. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lamun *Enhalus acoroides* terkontaminasi logam Cd, tidak terdapat korelasi yang signifikan antara logam Cd pada bagian atas lamun (daun) dengan logam air, demikian pula antara bagian bawah lamun (rhizoma dan akar) terhadap logam sedimen dan terdapat korelasi positif namun tidak signifikan antara konsentrasi total logam pada lamun dan di sedimen dengan biomassa lamun.

Kata kunci: *Enhalus acoroides*, logam Cd, Pangkep, Pundata Baji

ABSTRACT

FAJRIANI L011 17 1507. "The Accumulation of Cadmium (Cd) in the *Enhalus acoroides* of Pundata Baji, Labakkang District, Pangkep Regency, South Sulawesi" supervised by SHINTA WERORILANGI as the principle supervisor and SUPRIADI as the co-supervisor.

Pangkep Regency has a wide seashore ecosystems which dominated by seagrass species *Enhalus acoroides*, specifically in Pundata Baji region, Labakkang District. There have been suggested due to liquid waste from the PLTU near Pundata Baji region as a caused of increased cadmium (Cd) concentration in the surrounding waters. Therefore, the object of this research are to : 1) know the concentration of Cd metals on a surface (leaves) and in the bottom of Seagrass (roots and rhizome) *Enhalus acoroides*; 2) analyze the correlation between metals concentration of Cd on the surface of Seagrass within concentration of Cd submerged in marine seawater and in the part of the bottom of the Seagrass (roots and rhizome) with the concentration of Cd in sediment; and 3) analyze the correlation between Cd in sediment and in seagrass with seagrass biomass in Pundata Baji, Pangkep regency. This research started from February to Mei 2021. The enviromental parameters of temperature, salinity, pH and DO, were measured in situ while TOM, particle of sediment, Redoks potential (Eh), and biomass of Seagrass were measured ex situ. The concentration value of Cd metals in marine seawater range 0.003 – 0.004 mg/L. The contents of Cd metals in Sediment range 0.003 – 0.004 mg/kg. The contents of Cd metals on Seagrass range 0.003-0.011 µg/gr. The results showed that the seagrass *Enhalus acoroides* was contaminated with Cd metal, there was no significant correlation between Cd metal on the top of the seagrass (leaves) and water metal, as well as between the bottom of the seagrass (rhizomes and roots) on metal sediments and there was a positive correlation but not significant difference between the total metal concentrations in seagrass and in sediments with seagrass biomass.

Keywords: *Enhalus acoroides*, cadmium, Pundata Baji, Pangkep, South Sulawesi

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya dan tak lupa pula shalawat serta salam kepada Rasulullah SAW. Dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa begitu banyak pihak yang telah memberi banyak bantuan, bimbingan serta arahan yang sangat berharga sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya dari hati penulis sebagai bentuk penghargaan dan penghormatan kepada :

1. Kedua orang tua saya, Ayahanda Ir. Jufri Nasir dan Ibunda Rostini atas segala doa, dukungan, motivasi, kasih sayang serta selalu memberikan yang terbaik kepada penulis.
2. Bapak **Dr. Syafyudin Yusuf, ST, M.Si** selaku penasehat akademik yang selalu sabar dalam memberikan nasehat, arahan serta dukungan kepada penulis.
3. Ibu **Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc** selaku pembimbing utama dan Bapak **Dr. Supriadi, ST, M.Si** selaku pembimbing pendamping, yang dengan ikhlas meluangkan waktu dan pikiran dalam memberikan arahan, motivasi, bimbingan dan bantuan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak **Dr. Ir. Muh. Farid samawi M.Si** dan Ibu **Dr. Yayu A. La Nafie, ST, M.Sc** selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya dalam memberikan saran dan kritik dalam perbaikan skripsi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Bapak **Safruddin, S.Pi., M.P., PH.D.** selaku Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan dan Bapak **Dr. Khairul Amri, ST, M.Sc.Stud.** selaku Ketua Departemen Ilmu Kelautan, terima kasih atas segala petunjuk dan bimbingan kepada penulis selama masa studi hingga tahap penyelesaian studi.
6. Seluruh Dosen Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, terima kasih atas segala pengetahuan yang telah diberikan selama masa studi penulis.
7. Seluruh staff Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberikan bantuan demi kelancaran dan kemudahan penulis dalam pengurusan berkas.
8. Kepada Maia, Rani, Ghina, Qalbi, Cume, Hadi, Firly, Abeng, Galau, Cudi, Shidiq, Callu, Fathin, Wadi, Rio, Agung, Jauzan yang telah meluangkan waktunya untuk membantu penulis dalam melakukan penelitian di Pundata Baji, Kabupaten Pangkep. Serta Yafie,

Yaya, Ghina, Maia, Rani, Kak Hasnah dan Kak Ilmi yang telah membantu penulis selama proses penulisan skripsi ini.

9. Sahabat seperjuangan KSB Suciarti Ramadhani Zulkamain, Manjani Fatimah Malahayati, Ghina Nafi'ah Kadir, Rani Aprilia Sari, Chumaerah Febianti, Nur Qalbi Mujaidah, Dwiyana Aulia yang telah menemani selama perkuliahan, memberikan banyak bantuan dalam hal menyelesaikan tugas, semangat, motivasi, support mental healthy, serta berbagai banyak hal, terima kasih atas waktu selama perkuliahan, terima kasih selalu ada dalam suka maupun duka.
10. Teman seperjuangan Jurusan Ilmu Kelautan Angkatan 2017 (KLASATAS) yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi serta memberikan dukungan dan motivasi dan berbagai canda tawa kepada penulis.
11. Teman-teman KKN Biringkanaya 8 yang telah memberi dukungan kepada penulis.
12. Keluarga mahasiswa Ilmu Kelautan (KEMA JIK FIKP UH) yang senantiasa memberikan semangat dan masukan yang membangun selama penulis menjadi mahasiswa.
13. Semua pihak yang telah membantu tapi tidak sempat disebutkan satu persatu, terima kasih atas segala bentuk doa dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik semoga Allah SWT. senantiasa membalas semua bentuk kebaikan dan ketulusan yang telah diberikan.

Semoga Allah SWT. selalu memberikan anugerah-Nya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari masih ada kekurangan dalam penulisan ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membutuhkan.

Makassar, 20 Februari 2022



Fajriani

BIODATA PENULIS



Fajriani, Anak ketiga dari empat bersaudara lahir di Ujung Pandang pada tanggal 15 November 1999 dari pasangan Bapak Jufri Nasir dan ibunda Rostini. Penulis memulai pendidikan jenjang kanak-kanak di TK Nurul Huda pada tahun 2004-2005. Lalu melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SD. Inpres Pai II pada tahun 2005-2011. Kemudian melanjutkan pendidikan tingkat menengah pertama di SMP Negeri 14 Makassar pada tahun 2011-2014. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan tingkat menengah atas di SMA Negeri 6 Makassar pada tahun 2014-2017. Hingga pada tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi negeri sebagai mahasiswa Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.

Selama masa studi, penulis mengikuti beberapa program kewirausahaan yaitu Program Mahasiswa Pendanaan (PMW) pada tahun 2020 dan Kegiatan Berwirausaha Mahasiswa Indonesia (KBMI) pada tahun 2021. Penulis menjabat sebagai Anggota Badan Pengurus Harian, Departemen Dana dan Usaha KEMA JIK FIKP UH Periode 2019-2020. Penulis pernah menjadi asisten laboratorium pada mata kuliah Oseanografi Kimia tahun 2020.

Penulis aktif dalam kegiatan sosial diluar kampus yaitu penyetaraan pendidikan anak di pesisir dengan itu penulis memiliki aktivitas diluar kampus yaitu menjadi pengurus komunitas Sikola Cendekia Pesisir pada tahun 2019.

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Penulis melakukan penelitian yang berjudul “Akumulasi Logam Kadmium (Cd) pada Tumbuhan Lamun *Enhalus acoroides* di Pundata Baji, Kecamatan Labakkang, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan” pada tahun 2021 dibawah bimbingan Dr.Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc dan Dr.Supriadi, ST, M.Si.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERNYATAAN AUTHORSHIP	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
BIODATA PENULIS	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan dan Kegunaan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Logam	3
B. Logam Cd	3
1. Karakteristik Logam Cd	3
2. Sumber Logam Cd	3
3. Logam Cd Pada Lamun	4
C. Peran dan Fungsi Lamun	4
D. Lamun <i>Enhalus acoroides</i>	5
E. Bioakumulasi Logam	6
F. Parameter Lingkungan	7

1. Suhu	7
2. Salinitas	7
3. Derajat Keasaman (pH)	7
4. Oksigen Terlarut (<i>Dissolved Oxygen</i>)	8
5. Bahan Organik Total (BOT).....	8
6. Potensial redoks (Eh) Sedimen	8
7. Biomassa Lamun.....	8
8. Ukuran Butir Sedimen.....	9
III. METODE PENELITIAN	10
A. Waktu dan Tempat	10
B. Alat dan Bahan.....	11
C. Prosedur Penelitian	12
1. Tahap Pengambilan Sampel	12
2. Tahap Pengukuran Logam pada Air, Sedimen dan Lamun.....	13
3. Pengukuran Parameter Lingkungan	14
4. Pengukuran biomassa lamun	17
5. Pengukuran logam Kadmium	17
D. Analisis Data	18
IV. HASIL	19
A. Gambaran Umum Lokasi	19
B. Parameter Oseanografi.....	19
C. Ukuran Butir Sedimen.....	20
D. Biomassa Lamun.....	20
E. Konsentrasi Logam Cd	21
F. Korelasi konsentrasi logam di lingkungan dengan logam di lamun	23
G. Korelasi logam lamun dan sedimen dengan biomassa lamun	23
V. PEMBAHASAN	24

A. Konsentrasi logam di air.....	24
B. Konsentrasi logam di sedimen.....	24
C. Konsentrasi logam di lamun.....	26
1. Bagian atas lamun.....	26
2. Bagian bawah lamun.....	28
D. Analisis hubungan konsentrasi logam Cd pada total lamun dengan biomassa lamun	29
VI. KESIMPULAN DAN SARAN.....	31
A. Kesimpulan.....	31
B. Saran.....	31
DAFTAR PUSTAKA.....	32
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Skala Wentworth.....	9
Tabel 2. Daftar Alat.....	11
Tabel 3. Daftar Bahan	12
Tabel 4. Parameter fisik-kimia perairan (rerata \pm SE).....	20
Tabel 5. Hasil korelasi logam Cd pada bagian lamun.....	23
Tabel 6. Hasil korelasi logam Cd pada lamun dan sedimen dengan biomassa lamun.....	23

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Enhalus acoroides.....	6
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian.....	10
Gambar 3. Presentase jenis sedimen (%).....	20
Gambar 4. Biomassa lamun	21
Gambar 5. Rata-rata konsentrasi logam Cd di air.....	21
Gambar 6. Rata-rata konsentrasi logam Cd pada di sedimen.....	22
Gambar 7. Rata-rata konsentrasi logam Cd pada bagian lamun.....	22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Analisis Kandungan Logam Cd pada Air	40
Lampiran 2. Hasil Analisis Kandungan Logam Cd pada Sedimen	40
Lampiran 3. Hasil Analisis Kandungan Logam Cd pada Lamun Aboveground	40
Lampiran 4. Hasil Analisis Kandungan Logam Cd pada Lamun Belowground	40
Lampiran 5. Hasil Uji Statistik Oneway ANOVA Biomassa Lamun	41
Lampiran 6. Hasil Uji Statistik Oneway ANOVA Logam Cd pada air	42
Lampiran 7. Hasil Uji Statistik Oneway ANOVA Logam Cd pada sedimen	43
Lampiran 8. Hasil Uji Statistik Oneway ANOVA Logam Cd pada Lamun Aboveground	44
Lampiran 9. Hasil Uji Statistik Oneway ANOVA Logam Cd pada Lamun Belowground.....	45
Lampiran 10. Hasil Uji Statistik Uji Tukey Logam Cd pada lamun Belowground	46
Lampiran 11. Hasil Uji Statistik Korelasi Person Logam Aboveground dengan Air	47
Lampiran 12. Hasil Uji Statistik Korelasi Person Logam Belowground dengan Sedimen	47
Lampiran 13. Hasil Uji Statistik Korelasi Person logam sedimen dan biomassa lamun	48
Lampiran 14. Hasil Uji Statistik Korelasi Person logam total lamun dan biomassa lamun	48
Lampiran 15. Data Hasil Analisis Parameter Oseanografi.....	49
Lampiran 16. Data Hasil Analisis Kandungan BOT pada Sedimen.....	67
Lampiran 17. Data Hasil Analisis Ukuran Butir Sedimen.....	68
Lampiran 18. Pengambilan Data di Lapangan	69
Lampiran 19. Pengamatan Sampel di Laboratorium	70

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Wilayah perairan Kabupaten Pangkep lebih luas dibandingkan daratannya. Padang lamun merupakan salah satu ekosistem pesisir yang terdapat di Kabupaten Pangkep. Ekosistem lamun tersebar luas di wilayah Kabupaten Pangkep, baik di pulau maupun pesisirnya, termasuk di pesisir Labakkang. Ekosistem lamun yang ada di Labakkang sebagian besar dimanfaatkan masyarakat setempat dalam mencari kerang-kerangan, penangkapan ikan, kepiting dan sebagainya. Jenis lamun *Enhalus acoroides* mendominasi wilayah pesisir Labakkang. Kelurahan Pundata Baji sebagai wilayah penelitian, merupakan salah satu kawasan pesisir di Kecamatan Labakkang, potensi pencemaran logam Cd di daerah Pundata Baji dapat berasal dari aktivitas manusia di perairan tersebut seperti pelabuhan, pemukiman dan pemasukan limbah yang terbawa oleh aliran sungai (Sugiyanto *et al.*, 2016). Selain itu, limbah PLTU juga dapat menjadi sumber logam Cd, berdasarkan hasil penelitian Usman *et al.* (2015) logam Cd tertinggi didapatkan di stasiun yang merupakan outfall buangan PLTU.

Ekosistem padang lamun merupakan suatu ekosistem yang kompleks dan mempunyai fungsi dan manfaat yang sangat penting bagi perairan wilayah pesisir (Tangke, 2010). Secara ekologis, padang lamun berperan sebagai daerah asuhan, daerah mencari makan para ikan kecil, penyu, bulu babi, dan biota lainnya, serta tempat berlindung berbagai jenis biota laut. Secara fisik, padang lamun berperan sebagai vegetasi yang menjaga stabilitas dan menahan sedimentasi di daerah pesisir, mengurangi dan memperlambat gerakan gelombang, serta sebagai terjadinya suatu siklus nutrisi, serta dapat dikatakan bahwa ekosistem padang lamun merupakan salah satu ekosistem di laut dangkal yang memiliki produktivitas tinggi (Jaludin *et al.*, 2020).

Menurut Astuti (2011), lamun dapat dijadikan bioindikator pencemaran logam karena dapat menyerap dan mengakumulasi bahan pencemar. Oleh karena itu lamun dapat dijadikan suatu penanda kapasitas akumulasi logam karena berinteraksi secara langsung dengan badan air dan air tanah (substrat) melalui daun dan akarnya untuk uptake ion-ion sehingga lamun dapat merefleksikan status kesehatan perairan secara keseluruhan (Ahmad *et al.*, 2015). Hal ini juga ditunjukkan dari hasil penelitian Werorilangi *et al.* (2016) yang menemukan lamun *Enhalus acoroides* dapat mempengaruhi bioavailabilitas logam dalam sedimen dengan proses fisiologis yang terjadi pada akar dan rhizoma. Keberadaan lamun dapat meningkatkan ketersediaan biologis logam dalam sedimen yang kemudian berpotensi meningkatkan toksistas logam terhadap organisme sekitar.

Logam umumnya mempunyai sifat toksik dan berbahaya bagi organisme hidup walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil (Supriyantini et al., 2016). Logam kadmium (Cd) merupakan logam yang paling banyak ditemukan pada lingkungan, khususnya lingkungan perairan, serta memiliki efek toksik yang tinggi, bahkan pada konsentrasi yang rendah (Almeida *et al.*, 2009). Penelitian Sugiyanto (2016) mengemukakan bahwa tingkat akumulasi logam Cd tinggi pada akar dan daun lamun *Enhalus acoroides*. Hal ini disebabkan Cd memiliki karakteristik bioavailabilitas dan bioakumulasi yang tinggi ke dalam tubuh organisme dan tumbuhan. Penelitian lain memperlihatkan akumulasi Cd pada bagian bawah lamun (akar dan rhizoma) berpengaruh negatif terhadap biomassa lamun serta densitas akar (Fraser and Kendrick, 2017).

Sumber logam Cd dapat berasal dari penggunaan bahan stabilisasi sebagai bahan pewarna dalam industri plastik dan pada elektroplating seperti industri baterai, industri persenjataan berat, industri tekstil, dan fotografi. Selain itu, banyak digunakan dalam industri-industri ringan, seperti pada proses pengolahan roti, pengolahan ikan, dan pengolahan minuman (Palar, 2012).

Berdasarkan tingginya toksisitas logam Cd serta kemampuan lamun yang dapat mengakumulasi bahan pencemar logam dan banyaknya sumber pencemaran logam di lokasi tersebut. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui tingkat akumulasi logam Cd pada akar, rhizoma, dan daun lamun *Enhalus acoroides* di Pundata Baji, Kabupaten Pangkep.

B. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui konsentrasi logam Cd pada bagian atas (daun) dan bagian bawah (akar dan rhizoma) serta biomassa lamun *Enhalus acoroides*
2. Menganalisis hubungan konsentrasi logam Cd pada bagian atas lamun (daun) dengan konsentrasi Cd di air dan bagian bawah lamun (akar dan rhizoma) dengan konsentrasi Cd di sedimen
3. Menganalisis hubungan konsentrasi Cd di sedimen dan di lamun dengan biomassa lamun di Pundata Baji, Kabupaten Pangkep

Kegunaan dari penelitian ini yaitu untuk memperoleh atau menambah informasi mengenai akumulasi logam Kadmium (Cd) serta dampaknya pada lamun (*Enhalus acoroides*) di Pundata Baji, Kabupaten Pangkep.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Logam

Logam mempunyai berat jenis (*specific gravity*) 5,0 atau lebih, dengan nomor atom antara 21 (scandium) dan 92 (uranium) dari Sistem Periodik Bahan Kimia. Terdapat 80 jenis dari 109 unsur kimia di muka bumi ini yang telah teridentifikasi sebagai logam (Sosrosuhardjo, 2010).

Logam dibagi menjadi dua yaitu logam esensial dan logam non esensial. Logam esensial adalah logam dalam jumlah tertentu yang dibutuhkan oleh organisme. Akan tetapi, logam tersebut bisa menimbulkan efek racun jika dalam jumlah berlebihan. Contohnya yaitu: Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain-lain. Logam non esensial adalah logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat racun. Contohnya yaitu: Hg, Cd, Pb, Cr, dan lain-lain (Irhamni *et al.*, 2017).

B. Logam Cd

1. Karakteristik Logam Cd

Logam Cd adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan Kadmium Oksida bila dipanaskan. Cd umumnya terdapat dalam kombinasi dengan klor (Cd Klorida) atau belerang (Cd Sulfid). Kadmium membentuk Cd^{2+} yang bersifat tidak stabil. Logam Cd memiliki nomor atom 48, berat atom 112,4 titik leleh $321^{\circ}C$, titik didih $767^{\circ}C$ dan memiliki massa jenis $8,65 \text{ g/cm}^3$ (Istarani dan Pandebesie, 2014).

2. Sumber Logam Cd

Sumber utama Cd yang berasal dari alam adalah dari lapisan bumi atau kerak bumi seperti gunung berapi dan pelarutan batuan. Cd yang berada di perairan melalui beberapa cara yaitu dekomposisi atmosfer yang berasal dari kegiatan industri, erosi tanah dan bebatuan, air hujan, kebocoran tanah pada tempat-tempat tertentu, dan penggunaan pupuk di lahan pertanian (Marganof, 2003). Cd lebih banyak masuk ke dalam perairan karena kegiatan manusia seperti perindustrian dimana limbah hasil dari industri tersebut dibuang langsung ke dalam perairan yang akan terakumulasi di dasar perairan yang membentuk sedimen (Patang, 2018).

Logam Cd dan bermacam-macam bentuk persenyawaannya dapat masuk ke lingkungan disebabkan oleh aktivitas manusia, bidang industri yang melibatkan Cd

dalam proses operasional industrinya menjadi sumber pencemaran Cd, dan juga air buangan rumah tangga dan buangan industri ringan (Palar, 2012).

3. Logam Cd Pada Lamun

Padang lamun merupakan perantara transfer nutrisi dalam bentuk migrasi hewan laut. Dengan potensi tersebut padang lamun berkemungkinan menangkap unsur-unsur logam yang berasal dari sedimen dan air laut, sehingga unsur-unsur logam tersebut dapat terakumulasi dalam lamun baik pada akar, batang maupun daun (Rizal, 2011).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Pratiwi et al. (2014) menyatakan bahwa lamun lebih banyak mengakumulasi logam Cd dibandingkan air laut, hal ini sesuai dengan pendapat Hutagalung (1984) bahwa logam yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup. Pengendapan yang terjadi di sedimen diserap oleh akar lamun.

C. Peran dan Fungsi Lamun

Lamun (*Seagrass*) adalah tumbuhan tingkat tinggi (*Anthophyta*) yang hidup dan tumbuh terbenam di lingkungan laut; berpembuluh, berimpang (*rhizome*), berakar, dan berkembang biak secara generatif (*biji*) dan vegetatif. Rimpangnya merupakan batang yang beruas-ruas yang tumbuh terbenam dan menjalar dalam substrat pasir, lumpur dan pecahan karang (Sjafrie *et al.*, 2018).

Padang lamun adalah hamparan tumbuhan lamun yang menutupi suatu area pesisir/laut dangkal yang dapat terbentuk oleh satu jenis lamun atau lebih dengan kerapatan tanaman yang padat, sedang atau jarang (Sjafrie *et al.*, 2018).

Ekosistem lamun adalah suatu sistem (organisasi) ekologi padang lamun, di dalamnya terjadi hubungan timbal balik antara komponen abiotik dan komponen biotik hewan dan tumbuhan (Sjafrie *et al.*, 2018).

Zurba (2018) menguraikan fungsi dan manfaat padang lamun di ekosistem perairan dangkal sebagai berikut :

a. Sebagai produsen primer

Lamun memfiksasi sejumlah karbon organik dan sebagian memasuki rantai makanan, melalui proses dekomposisi sebagai serasah atau dikonsumsi langsung oleh biota.

b. Sebagai habitat biota

Lamun merupakan tempat perlindungan berbagai macam biota, sebagai daerah asuhan dan tempat mencari makan dari berbagai jenis ikan herbivora dan ikan-ikan karang, dugong dan penyu.

c. Sebagai perangkap sedimen serta penahan arus dan gelombang

Daun dan akar lamun dapat memerangkap sedimen yang kemudian mengendapkannya di dasar dalam menjaga kejernihan air.

Daun lamun yang lebat akan memperlambat arus dan gelombang yang menyebabkan erosi pantai.

d. Sebagai pendaur zat hara

Zat hara hasil dari dekomposisi yang dimanfaatkan langsung oleh fitoplankton sehingga terjadi rantai makanan.

e. Sebagai penyerap karbon

Daun lamun merupakan sumber makanan bagi herbivora, oleh karena itu ekosistem lamun memiliki peran sebagai penyerap karbon dan penyumbang nutrisi pada lingkungan melalui pergerakan air.

D. Lamun *Enhalus acoroides*

Enhalus acoroides memiliki karakteristik mudah dikenal karena memiliki ukuran akar dan daun yang lebih besar dibandingkan jenis lainnya. Daun berbentuk pipih dengan tulang daun sejajar, lebar daun dapat mencapai 2 cm dan panjang mencapai 1 cm. pada kedua bagian tepi daun memiliki struktur yang menyerupai tulang daun yang keras. Akarnya berukuran besar pada pangkal batang terdapat struktur menyerupai ijuk berwarna hitam (tidak dimiliki oleh jenis lainnya) (Yusup, 2015).

Ciri-ciri umum *Enhalus acoroides* merupakan salah satu lamun yang mempunyai morfologi yang besar. *Enhalus acoroides* memiliki rambut-rambut berwarna hitam yang tumbuh pada rhizoma dan memiliki akar yang banyak. Ujung daun tumbuhan ini terdapat gerigi (Yusup, 2015).



Gambar 1. *Enhalus acoroides* (Koleksi pribadi)

Klasifikasi *Enhalus acoroides* berdasarkan World Register of Marine Species (WoRMS) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae

Phylum : Trachophyta

Class : Magnoliopsida

Order : Alismatales

Family : Hydrocharitaceae

Genus : *Enhalus*

Species : *Enhalus acoroides*

E. Bioakumulasi Logam

Logam yang masuk kedalam perairan dan menumpuk ke dasar perairan serta terakumulasi oleh organisme yang ada dalam perairan ini akan mempengaruhi kehidupan organisme yang terpapar pencemaran logam. Akumulasi melalui proses biologi (bioakumulasi) dimana akan terjadi melalui proses rantai makanan sehingga akumulasi logam dalam jaringan tubuh organisme dapat terjadi pada setiap tingkatan (Budianto *et al.*, 2018).

Logam apabila terdapat di perairan dalam jumlah yang melampaui batas, akan mempengaruhi kehidupan biota yang hidup di perairan tersebut, termasuk *seagrass* atau lamun. Akan tetapi beberapa jenis logam, seperti Cd tidak dibutuhkan oleh tubuh organisme hidup dan justru membahayakan (Astuti, 2011).

Konsentrasi logam yang tinggi pada lamun disebabkan karena adanya proses penyerapan logam bersama dengan nutrisi yang terjadi di akar dan daun. Tingginya kandungan logam pada daun menunjukkan bahwa daun merupakan akumulator utama

logam diperairan. Konsentrasi logam pada daun tidak hanya berasal dari mobilitas dari akar namun juga proses penyerapan oleh daun itu sendiri (Sugiyanto *et al.*, 2016). Ahmad *et al.* (2015) menyatakan bahwa daun lamun memiliki kemampuan menyerap air dan zat terlarut termasuk logam dari perairan melalui stomata dan kutikula.

Lamun *Enhalus acoroides* merupakan tumbuhan yang di hidup di air laut, habitatnya yang berada di perairan yang dangkal ini rentan dengan paparan pencemaran yang dihasilkan oleh aktivitas manusia terutama logam. Selain itu juga keberadaan lamun *Enhalus acoroides* di laut dapat menjadi bioindikator pencemaran logam, karena menyerap dan mengakumulasi bahan pencemar (Supriantini, 2016).

F. Parameter Lingkungan

1. Suhu

Suhu perairan sangat berpengaruh bagi lamun. Perubahan suhu air dapat mempengaruhi proses-proses biokimia, fotosintesis dan pertumbuhan lamun, menentukan ketersediaan unsur hara, penyerapan unsur hara, respirasi, panjang daun dan faktor-faktor fisiologis serta ekologis lainnya (Isabella, 2011). Suhu rata-rata untuk pertumbuhan lamun berkisar antara 24-27°C, perubahan suhu terhadap kehidupan lamun, antara lain dapat mempengaruhi metabolisme, penyerapan unsur hara dan kelangsungan hidup lamun (Rosalina, 2012). Suhu mempengaruhi konsentrasi logam di kolom air dan sedimen. Suhu yang tinggi, senyawa logam akan larut pada air sedangkan suhu rendah akan memudahkan logam mengendap pada sedimen (Sukoasih *et al.*, 2016).

2. Salinitas

Menurut KepMen Lingkungan Hidup Tahun (2004) tentang standar baku mutu salinitas air laut untuk pertumbuhan lamun yaitu ada di kisaran 33-34‰. McKenzie (2008) menjelaskan bahwa nilai salinitas optimum bagi pertumbuhan lamun yaitu 35‰, apabila salinitas melebihi batas optimum tersebut maka akan merusak pertumbuhan dari jaringan lamun tersebut.

3. Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH menyatakan intensitas keasaman atau alkalinitas dari suatu contoh air dan mewakili konsentrasi ion hidrogennya. Konsentrasi ion hidrogen ini akan berdampak langsung terhadap organisme (Zarfen *et al.*, 2017).

Pada dasarnya nilai pH mempengaruhi tingkat kelarutan logam di perairan. pH air laut yang asam akan mempengaruhi kelarutan logam dimana unsur logam akan

mudah bereaksi dengan partikel badan air, akan menyebabkan logam mudah terakumulasi pada jaringan lamun terutama daun dan sebagian akar mengendap ke sedimen bersama dengan padatan tersuspensi (Sugiyanto *et al.*, 2016).

4. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Lamun dapat tumbuh dengan baik pada kisaran oksigen terlarut >5 mg/l. Hal ini juga didukung dengan pernyataan Effendi (2003), bahwa nilai DO di perairan sebaiknya tidak kurang dari 5 mg/l karena apabila nilai oksigen terlarut kurang dari 5 mg/l, maka hal tersebut akan menyebabkan efek yang kurang baik bagi seluruh organisme akuatik.

Menurut Sugiyanto *et al* (2016) nilai DO yang tinggi akan mempermudah logam larut dalam air kemudian terakumulasi ke dalam jaringan lamun baik akar maupun daun.

5. Bahan Organik Total (BOT)

Bahan organik merupakan komponen geokimia yang paling penting dalam mengontrol pengikatan logam, logam di perairan biasanya membentuk ikatan kompleks dengan ligan organik. Kandungan logam akan semakin bertambah dengan bertambahnya bahan organik dalam sedimen, kandungan bahan organik berhubungan dengan ukuran partikel sedimen. Pada sedimen yang halus presentase bahan organik lebih tinggi daripada dalam sedimen yang kasar (Maslukah, 2013).

6. Potensial redoks (Eh) Sedimen

Potensial redoks (Eh) adalah suatu ukuran yang dipergunakan untuk mengukur adanya perpindahan elektron. Dengan demikian, potensial redoks erat hubungannya dengan proses reduksi dan oksidasi (redoks). Perubahan potensial redoks merupakan parameter yang paling penting untuk menentukan sifat tanah (Hasanuddin, 2013).

Menurut Patrick dan Delaune (1997), Eh merupakan pengukuran kuantitatif yang menunjukkan apakah suatu tanah teroksidasi atau tereduksi. Nilai potensial redoks yang positif merupakan oksidasi dengan kisaran +400 hingga +700mV dan nilai yang negatif merupakan reduksi dengan kisaran -250 hingga -300mV.

7. Biomassa Lamun

Biomassa lamun adalah dari semua material yang hidup pada suatu satuan luas tertentu, baik yang berada di atas maupun di bawah substrat. Biomassa lamun yang dihitung merupakan biomassa kering baik pada daun maupun rhizoma dan akar. Tingginya biomassa pada lamun *Enhalus acoroides* dikarenakan jenis ini merupakan jenis lamun yang mempunyai ukuran lebih besar jika dibandingkan dengan jenis lamun lainnya dan selain itu lamun ini memiliki penyebaran yang luas (Zurba, 2018).

8. Ukuran Butir Sedimen

Keberadaan logam dalam sedimen sangat erat hubungannya dengan ukuran butiran sedimen. Umumnya sedimen yang mempunyai ukuran sedimen yang lebih halus dan mempunyai banyak kadungan organik mengandung konsentrasi logam yang lebih besar daripada sedimen yang mempunyai tipe ukuran butiran sedimen berukuran besar (Yang *et al.*, 2007).

Hutabarat dan Evans (1985) menyatakan partikel-partikel yang berukuran besar cenderung untuk lebih cepat tenggelam dan menetap daripada yang berukuran kecil. Sedimen terdiri dari bahan organik dan bahan anorganik. Bahan organik berasal dari hewan dan tumbuh-tumbuhan yang membusuk lalu tenggelam ke dasar dan bercampur dengan lumpur. Bahan anorganik umumnya berasal dari pelapukan batuan. Sedimen hasil pelapukan batuan terbagi atas, kerikil, pasir, lumpur dan tanah liat, butiran. Sebagian besar penentuan ukuran partikel-partikel dilakukan dengan metode menyaring dengan ayakan, dimana partikel-partikel terpisah dalam kelompok ukuran ayakan tersebut.

Tabel 1. Skala Wentworth

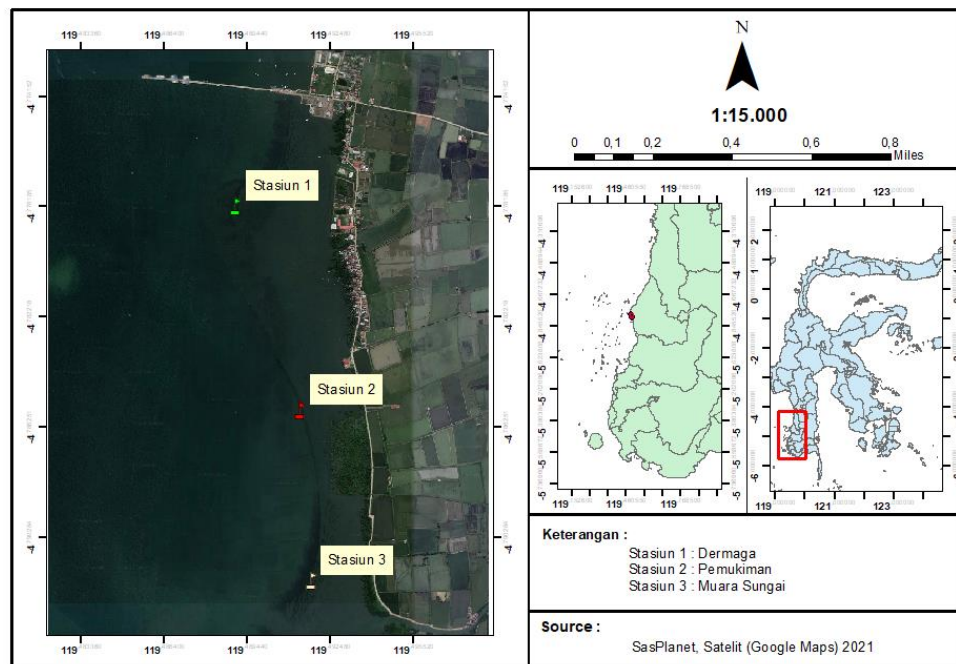
Keterangan	Ukuran (mm)
Pasir Sangat Kasar (<i>Very Coarse Sand</i>)	1 – 2
Pasir Kasar (<i>Coarse Sand</i>)	0,5 – 1
Pasir Sedang (<i>Medium Sand</i>)	0,025 – 0,5
Pasir Halus (<i>Fine Sand</i>)	0,125 – 0,25
Pasir Sangat Halus (<i>Very Fine Sand</i>)	0,0625 – 0,125

Sumber : Hutabarat dan Evans (1985).

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini sudah dilaksanakan pada bulan Februari-Mei 2021. Lokasi pengambilan data bertempat di perairan Kelurahan Pundata Baji, Kecamatan Labakkang, Kabupaten Pangkajene Kepulauan, pada 3 tiga stasiun yaitu : Stasiun I di areal dermaga Maccini Baji, Stasiun II di areal pemukiman, dan Stasiun III di areal muara sungai (Gambar 2). Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Oseanografi Fisika dan Geomorfologi Pantai, Laboratorium Oseanografi Kimia Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Laboratorium Ilmu Tanah Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin dan BBLK (Balai Besar Laboratorium Kesehatan) di Makassar.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

B. Alat dan Bahan

Daftar alat dan bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Daftar Alat

No.	Alat	Kegunaan
1.	Global Positioning System (GPS)	Untuk menentukan titik koordinat
2.	Thermometer	Untuk mengukur suhu
3.	<i>Handrefractometer</i>	Untuk mengukur salinitas
4.	Ph meter	Untuk mengukur Ph
5.	Core	Untuk mengambil sampel sedimen
6.	Roll meter	Untuk mengukur jarak lamun dari garis pantai
7.	<i>Cool box</i>	Untuk menyimpan sampel
8.	Oven	Untuk mengeringkan sampel sedimen dan lamun
9.	Botol sampel	Untuk mengambil sampel air
10.	Transek kuadrat 50X50	Sebagai pembatas lamun
11.	<i>Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)</i>	Untuk mengukur kandungan logam
12.	Pipet tetes	Untuk mengambil larutan
13.	Alat tulis	Untuk mencatat hasil pengamatan
14.	Ehrlenmeyer	Sebagai wadah pada saat melakukan analisis sampel di Laboratorium
15.	Timbangan digital	Untuk menimbang sampel
16.	Gelas kimia	Sebagai wadah pada saat melakukan analisis sampel di laboratorium
17.	Labu ukur	Sebagai wadah pada saat melakukan analisis sampel di laboratorium
18.	Linggis	Untuk mengambil sampel lamun
19.	Tanur	Untuk membakar sampel sedimen
20.	Cawan porselin	Sebagai wadah sampel sedimen yang digunakan pada saat analisis BOT
21.	Sieve net	Untuk mengayak sampel sedimen

Tabel 3. Daftar Bahan

No.	Bahan	Kegunaan
1.	Kantong sampel	Untuk menyimpan sampel
2.	Mangan Sulfat ($MnSO_4$)	Untuk mengikat oksigen
3.	Asam Sulfat (H_2SO_4)	Untuk mengurangi endapan pada larutan
4.	Asam Nitrat (HNO_3)	Untuk melarutkan senyawa
5.	Asam perklorik ($HClO_4$)	Untuk destruksi logam
6.	Natrium hidroksida ($NaOH$)	Untuk membentuk endapan
7.	Aquades	Untuk kalibrasi alat
8.	Tissue	Untuk membersihkan alat
9.	Sampel sedimen	Untuk dianalisis
10.	Sampel air	Untuk dianalisis
11.	Sampel lamun	Untuk dianalisis
12.	Kertas saring Whatman	Untuk menyaring sampel
13.	Na-thiosulfat	Untuk titrasi sampel air
14.	Indikator amilum	Untuk titrasi sampel air
15.	Larutan kuinhidron pH 4	Untuk analisis Eh
16.	Serbuk kuinhidron	Untuk analisis Eh
17.	Larutan sangga pH 4	Untuk analisis Eh

C. Prosedur Penelitian

1. Tahap Pengambilan Sampel

a. Pengambilan Sampel Air

Sampel air diambil pada tiga stasiun pengambilan lamun di perairan Pundata Baji. Sampel air diambil menggunakan botol sampel. Sampel air (1,5 L) diambil pada setiap stasiun, sampel diawetkan dengan HNO_3 sebanyak 2 ml. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali ulangan di setiap stasiun yang berbeda. Setiap sampel air dari tiga stasiun yang telah dikumpulkan kemudian disimpan dalam cool boox dan di bawa ke laboratorium untuk dianalisis.

b. Pengambilan Sampel Sedimen

Sampel sedimen diambil pada lokasi yang sama dengan sampel air menggunakan sedimen *core* dengan diameter 10 cm dan panjang 30 cm sebanyak 500

gram dengan jumlah sampel sebanyak tiga kali ulangan pada setiap titik stasiun. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam kantong dan dimasukkan ke dalam cool box dan dibawa ke laboratorium untuk analisis selanjutnya.

c. Pengambilan Sampel Lamun *Enhalus acoroides*

Pengambilan sampel lamun diambil menggunakan linggis (ujungnya pipih dan lebar) pada saat surut. Pengambilan sampel lamun dipilih secara acak hingga akar-akarnya sebanyak dua tegakan (satu untuk tegakan biomassa dan satu untuk analisis logam Cd). Sampel lamun kemudian dibersihkan dari biota dan substrat yang menempel. Bagian akar, rhizoma dan daun lamun dipisahkan kemudian dimasukkan ke dalam kantong sampel sesuai dengan titik dan dimasukkan ke dalam cool box dan dibawa ke laboratorium untuk analisis selanjutnya.

2. Tahap Pengukuran Logam pada Air, Sedimen dan Lamun

a. Metode analisis logam di air

Metode destruksi yang digunakan adalah destruksi basah dimana perombakan sampel dilakukan dengan asam-asam kuat baik tunggal maupun campuran (Kristianingrum, 2012). Preparasi sampel dimulai dengan menuangkan sampel air sebanyak 200 ml kemudian ditambahkan HNO_3 hingga pH sampel air menjadi 2 dan aquades 20 ml menggunakan *hot plate* hingga setengah volume larutan berkurang. Pengenceran larutan menggunakan aquades hingga 50 ml dengan gelas ukur dan saring menggunakan kertas whatman No.42 Untuk mengetahui konsentrasi logam menggunakan alat dan metode ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry* dengan *limit of detection*).

b. Metode analisis logam di sedimen

Metode destruksi yang digunakan adalah destruksi basah (Kristianingrum, 2012). Sampel sedimen sebanyak 2 gram yang telah dikeringkan, dimasukkan kedalam erlenmeyer. Kemudian Sampel sedimen didestruksi sebanyak 2 gram dalam erlenmeyer dengan HNO_3 (asam nitrat) dan aquades 20 ml menggunakan *hot plate* hingga setengah volume larutan berkurang. Setelah larutan dingin, menambahkan 10 ml HNO_3 (asam nitrat) dan HClO_4 (asam perklorik) sebanyak 3 tetes, kemudian dipanaskan kembali menggunakan hotplate. Pengenceran larutan dilakukan dengan menambahkan aquades hingga volume larutan 50 ml menggunakan gelas ukur dan saring menggunakan kertas whatman No.42. Untuk mengetahui konsentrasi logam menggunakan alat dan metode

ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry* dengan *limit of detection*).

c. Metode analisis logam di lamun

Sampel dilakukan dengan menggunakan metode destruksi kering. Sampel yang telah siap dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 650°C selama 2 jam. Sampel yang sudah kering ditimbang sebanyak ± 2 gram, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan HNO₃ (asam nitrat) dan aquades 20 ml menggunakan *hot plate* hingga setengah volume larutan berkurang. Setelah larutan dingin, ditambahkan 10 ml HNO₃ (asam nitrat) dan HClO₄ (asam perklorik) sebanyak 3 tetes, kemudian dipanaskan kembali menggunakan hotplate. Pengenceran larutan menggunakan aquades hingga 50 ml dengan gelas ukur dan saring menggunakan kertas whatman No.42. Untuk mengetahui konsentrasi logam menggunakan alat dan metode ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry* dengan *limit of detection*).

3. Pengukuran Parameter Lingkungan

a. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan *thermometer*. Prosedur pengukuran suhu dilakukan dengan cara mencelupkan *thermometer* ke dalam kolom perairan selama beberapa detik kemudian membaca dan mencatat skalanya.

b. Salinitas

Pengukuran salinitas dilakukan dengan menggunakan *handrefractometer*. Prosedur pengukuran salinitas dilakukan dengan cara mengkalibrasi *handrefractometer* terlebih dahulu menggunakan aquades kemudian diteteskan air sampel menggunakan pipet tetes sebanyak 1 ml pada bagian kaca prisma, selanjutnya membaca skala dengan mengarahkan *handrefractometer* pada cahaya.

c. Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran derajat keasaman (pH) dilakukan dengan cara mengambil sampel air dari lapangan menggunakan botol sampel dan diukur menggunakan pH meter yang sebelumnya telah dikalibrasi dengan aquades kemudian dicelupkan ke dalam botol sampel yang berisi air laut. Derajat keasaman (pH) dapat langsung dibaca dari digital alat pH meter.

d. Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Pengukuran oksigen terlarut dilakukan langsung di lapangan dengan menggunakan metode titrasi menurut standar Winkler. Langkah-langkah pengukuran DO dengan metode titrasi yaitu mengambil sampel air laut menggunakan botol terang kemudian menambahkan 2 ml mangan sulfat ($MnSO_4$) menggunakan pipet tetes, dan dihomogenkan setelah itu menambahkan 2 ml NaOH + KI kemudian menutup botol dan membolak-balik botol hingga larutan sampel berwarna kuning tua. Selanjutnya menambahkan 2 ml H_2SO_4 , kemudian menutup dan membolak-balik botol hingga larutan terbentuk endapan coklat kemudian mengambil 100 ml air dari botol sampel dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Selanjutnya, dititrasi dengan Na-thiosulfat hingga terjadi perubahan warna dari kuning tua ke kuning muda dan menambahkan 5 tetes indikator amylum hingga menjadi warna biru, kemudian melanjutkan titrasi dengan Na-thiosulfat hingga larutan sampel menjadi bening.

Adapun rumus perhitungan DO :

$$DO = \frac{AxNx8x1000}{VcxVb/(Vb - 6)}$$

Keterangan :

DO = Kadar oksigen terlarut (ppm)

A = Volume titran larutan Natrium thiosulfat (ml)

N = Kenormalan larutan Natrium thiosulfat (0,025)

Vc = Volume contoh (ml) = 100 ml

Vb = Volume botol BOD = 300 ml

8 = Berat molekul oksigen

6 = Jumlah pereaksi yang digunakan (2 ml $MnSO_4$ + 2 ml NaOH+KI + 2 ml H_2SO_4)

e. Bahan Organik Total

Analisis kandungan BOT dilakukan dengan mengeringkan sampel menggunakan oven dengan suhu $105^\circ C$ selama 10 jam. Kemudian menimbang berat cawan, setelah itu menimbang berat sampel sedimen yang telah di oven sebanyak kurang lebih 5 gram dan mencatatnya sebagai berat awal. Setelah menimbang berat awal, sampel dimasukkan kedalam tanur dengan suhu $500^\circ C$ selama 3,5 jam dan menimbang sebagai berat akhir.

Adapun rumus BOT :

Berat bahan organik :

$$\text{Berat BO awal} = \text{berat cawan} + \text{berat sampel}$$

Kandungan bahan organik

$$\text{Kandungan BO} = \pm(\text{Baw} - \text{Bc}) - (\text{Bak} - \text{Bc})$$

Keterangan :

Baw = Berat awal (gr)

Bak = Berat akhir (gr)

Bc = Berat cawan (gr)

Presentase kandungan bahan organik :

$$\% \text{ bahan organik} = \frac{\text{berat BO}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

f. Analisis Ukuran butir sedimen

Analisis sedimen dilakukan dengan menggunakan metode pengayakan kering yang selanjutnya diklasifikasikan menurut kriteria Wenworth untuk mengetahui ukuran butir sedimen. Metode pengayakan kering dilakukan dengan cara membersihkan sampel dari kotoran dan lamun yang menempel pada sedimen, kemudian sampel dikering anginkan. Selanjutnya sampel sedimen ditimbang seberat 100 gram sebagai berat awal, kemudian diayak menggunakan *sieve net* yang tersusun secara berurutan dengan ukuran 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm, 0.063 mm dan <0.063 mm. Kemudian sampel sedimen dipisahkan dari ayakan lalu ditimbang dan diklasifikasikan sesuai dengan skala Wenworth.

Analisis besar butir sedimen dilakukan dengan menghitung (%) berat sedimen pada metode ayakan kering dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Berat} = \frac{\text{Berat Hasil Ayakan}}{\text{Berat Awal}} \times 100\%$$

g. Potensial Redoks (Eh)

Langkah pertama yang dilakukan adalah ditimbang dan diambil sampel sedimen sebanyak 10 gram menggunakan timbangan digital kemudian menambahkan air bebas ion sebanyak 50 ml. Setelah itu sampel sedimen dihomogenkan menggunakan mesin pengocok selama 30 menit dan diendapkan. Mengganti elektroda pH dengan elektroda Pt dan mengubah mode alat dari pH ke mV. Celupkan elektroda kedalam larutan kuinhidron pH 4 (campuran 0.05 gram serbuk kuinhidron dalam 25 ml larutan sanga pH 4) yang baru dibuat. Setelah itu membaca E kuinhidron kemudian elektroda Pt dicelupkan kedalam endapan tanah lalu mencatat hasil pembacaan (Eviati & Sulaeman, 2009).

4. Pengukuran biomassa lamun

Prosedur pengukuran biomassa lamun dilakukan dengan cara penimbangan berat kering sampel dilakukan setelah sampel lamun *Enhalus acoroides* dioven dengan suhu 60°C selama 72 jam. Kemudian masing-masing bagian lamun (akar, rhizoma dan daun) ditimbang berat keringnya menggunakan timbangan analitik hingga didapat berat konstan sebagai nilai biomassa lamun *Enhalus acoroides*.

Rumus perhitungan biomassa melalui berat kering adalah sebagai berikut :

$$B = W \times D$$

Keterangan :

B = Biomassa lamun (gr/m^2)

W = Berat kering lamun($gr/tegakan$)

D = Kepadatan lamun (m^2)

5. Pengukuran logam Kadmium

Konsentrasi logam di sedimen dianalisis dengan menggunakan ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry* dengan *limit of detection*).

D. Analisis Data

Data konsentrasi logam Cd di air, sedimen, akar, rhizoma dan daun lamun dianalisis secara statistik menggunakan Analisis Sidik Ragam (One-way Anova) untuk membandingkan rata-rata konsentrasi antar stasiun. Analisis Korelasi Pearson digunakan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi logam Cd bagian bawah lamun (rhizoma dan akar) dengan konsentrasi Cd sedimen, Konsentrasi logam Cd bagian atas lamun (daun) dengan konsentrasi Cd di kolom air serta biomassa total lamun dengan konsentrasi total Cd lamun.

IV. HASIL

A. Gambaran Umum Lokasi

Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep) yang membentang di bagian barat Provinsi Sulawesi Selatan, wilayahnya terbagi menjadi tiga bagian yaitu pesisir, daratan tinggi dan kepulauan. Kabupaten ini memiliki luas wilayah daratan sebesar 1.112,29 km² dan luas wilayah lautan mencapai 17.100 km². Kabupaten pangkep berbatasan langsung dengan Kabupaten Barru (sebelah utara), Kabupaten Maros (sebelah selatan) dan Kabupaten Bone (sebelah timur).

Kecamatan Labakkang yang memiliki luas wilayah 101,73 km² atau 12,69 persen dari luas wilayah Kabupaten Pangkep. Kecamatan ini terdiri dari sembilan desa dan empat kelurahan. Salah satunya wilayah Kelurahan Pundata Baji yang terdiri dari dua lingkungan yaitu Lingkungan Pundata dan Lingkungan Maccini Baji dengan luas wilayah 522,58 km. Lingkungan Pundata terletak di daratan sedangkan lingkungan Maccini Baji berada di pesisir.

Kelurahan Pundata Baji sebagai wilayah penelitian, merupakan salah satu kawasan pesisir. Jumlah penduduk Kelurahan Pundata Baji tercatat 3.848 dengan komposisi penduduk pria 1.809 jiwa dan penduduk wanita 2.039 jiwa (BPS Pangkep, 2004). Mata pencaharian masyarakat kelurahan pundata baji tidak sepenuhnya menggantungkan hidupnya dari hasil melaut, mayoritas penduduk kelurahan pundata baji telah mengusahakan budidaya perikanan di darat, yaitu ikan bandeng dan udang.

Potensi pencemaran logam Cd di perairan Pundata Baji, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep), dihasilkan dari adanya aktivitas pelabuhan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang pembuangan limbah cair ke perairan. Dikutip dari Laporan Pelaksanaan Rencana Pengelolaan Lingkungan Hidup (RKL) dan Rencana Pemantauan Lingkungan Hidup (RPL) AMDAL Pengembangan 2014 Semester II, PLTU membuang limbah cair sebanyak 148.098 m³ per bulan dengan debit rata-rata 20,8 m³/jam (Usman *et al.*, 2015).

B. Parameter Oseanografi

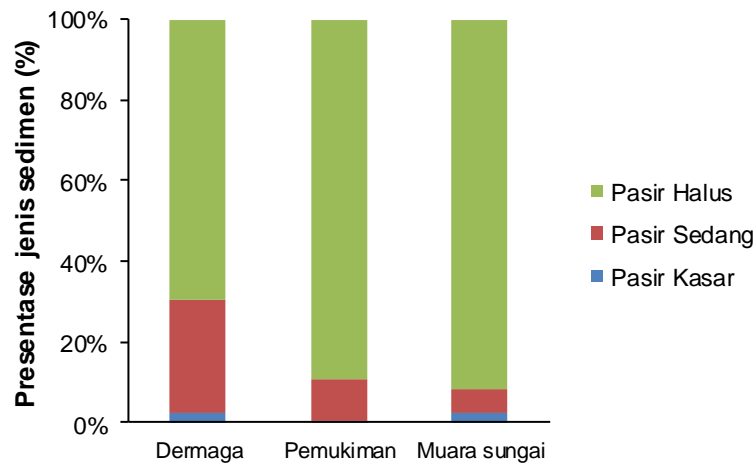
Nilai rata-rata parameter oseanografi di stasiun lokasi penelitian (Tabel 4).

Tabel 4. Parameter fisik-kimia perairan (rerata \pm SE)

Stasiun	Parameter Fisik Kimia					
	Suhu ($^{\circ}$ C)	Salinitas (‰)	pH	DO (ppm)	BOT-sedimen (%)	Eh-sedimen (mV)
1	28	26,7 \pm 0,67	6,6 \pm 0,30	4,0 \pm 0,06	4,39 \pm 0,83	54,6 \pm 0,55
2	29,7 \pm 0,33	29,7 \pm 0,33	6,8 \pm 0,04	3,7 \pm 0,36	3,91 \pm 0,70	50,1 \pm 7,66
3	28	26,7 \pm 0,88	6,5 \pm 0,07	3,3 \pm 0,27	4,39 \pm 1,13	50,5 \pm 1,72

C. Ukuran Butir Sedimen

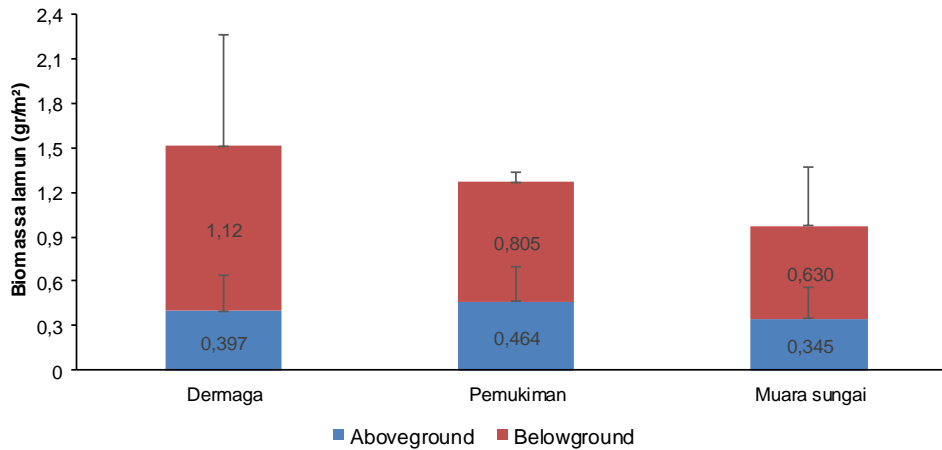
Rata-rata ukuran butir yang didapatkan menunjukkan adanya tiga jenis substrat yaitu, pasir kasar, pasir sedang dan pasir halus. Jenis substrat pasir halus terlihat mendominasi semua stasiun.



Gambar 3. Presentase jenis sedimen (%)

D. Biomassa Lamun

Nilai biomassa pada bagian lamun, baik bagian atas substrat (*aboveground*) maupun bagian bawah substrat (*belowground*) antar stasiun penelitian memiliki nilai yang berbeda tetapi tidak berbeda secara signifikan ($p=0.821$ dan $p=0.509$, masing-masing untuk *aboveground* dan *belowground*). Nilai rata-rata pada bagian *aboveground* berkisar antara 0.345-0.464 gr/m² dan bagian *belowground* berkisar 0.630-1.12 gr/m².

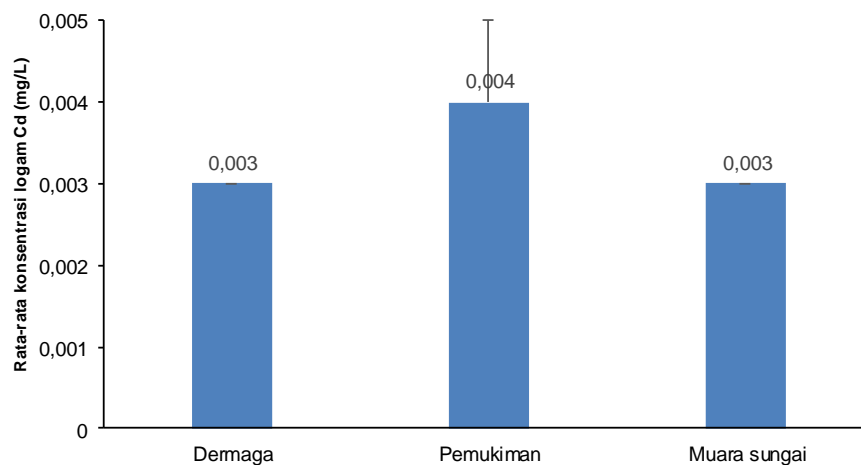


Gambar 4. Biomassa lamun

E. Konsentrasi Logam Cd

1. Konsentrasi logam Cd pada air laut

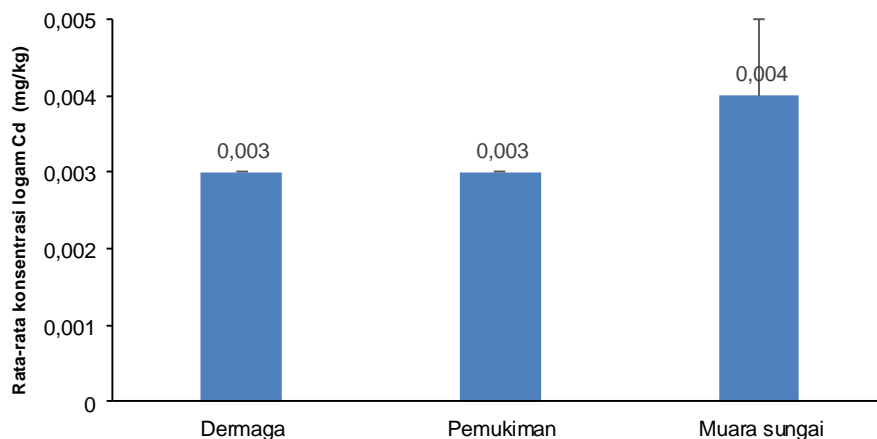
Nilai rata-rata konsentrasi logam Cd pada air di Perairan Pundata Baji berkisar 0.003-0.004 mg/L (Gambar 5). Hasil uji statistik One way ANOVA menunjukkan tidak terdapat perbedaan rata-rata konsentrasi Cd yang signifikan ($p=0.125$).



Gambar 5. Rata-rata konsentrasi logam Cd di air

2. Konsentrasi logam Cd pada sedimen

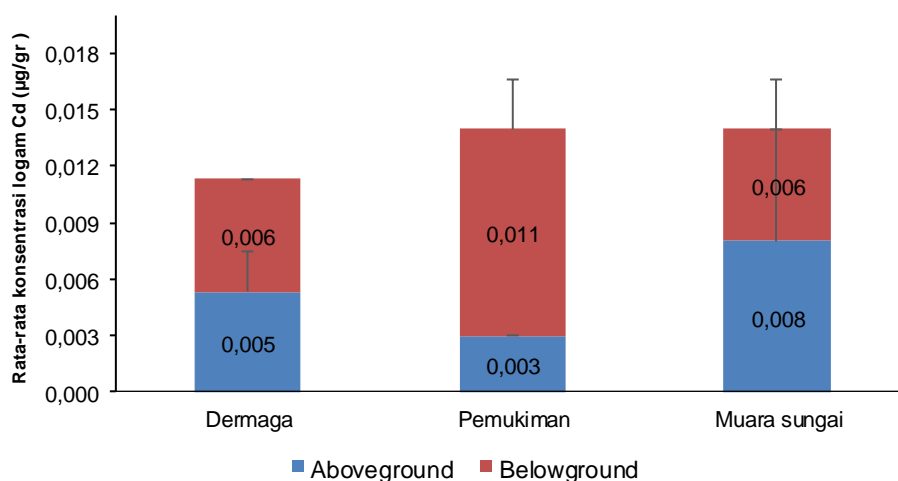
Nilai rata-rata konsentrasi logam Cd pada sedimen dapat dilihat pada (Gambar 6). Nilai rata-rata pada ketiga stasiun penelitian berkisar 0.003-0.004 mg/kg. Hasil uji statistik One way ANOVA menunjukkan tidak terdapat perbedaan rata-rata konsentrasi Cd yang signifikan ($p=0.252$).



Gambar 6. Rata-rata konsentrasi logam Cd pada di sedimen

3. Konsentrasi logam Cd pada lamun *Enhalus acoroides*

Nilai rata-rata konsentrasi logam Cd pada lamun *Enhalus acoroides* pada ketiga stasiun penelitian berkisar 0.003-0.011 $\mu\text{g}/\text{gr}$ (Gambar 7). Hasil uji statistik One way ANOVA pada bagian atas substrat (*aboveground*) menunjukkan tidak terdapat perbedaan rata-rata konsentrasi Cd yang signifikan ($p=0.529$), sedangkan pada bagian bawah substrat (*belowground*) terdapat perbedaan yang signifikan ($p=0.010$), maka dilakukan uji Tukey. Hasil uji Tukey menunjukkan bahwa logam pada bagian *belowground* pada Dermaga dan Muara sungai tidak terdapat perbedaan yang signifikan, sedangkan pada pemukiman menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan Dermaga dan Muara sungai.



Gambar 7. Rata-rata konsentrasi logam Cd pada bagian lamun

F. Korelasi konsentrasi logam di lingkungan dengan logam di lamun

Berdasarkan hasil dari pengolahan data uji korelasi Pearson menggunakan SPSS pada Tabel 5 menunjukkan bahwa logam Cd dengan bagian atas lamun (daun) tidak berkorelasi dengan logam Cd di air, ditunjukkan dengan nilai $p=0.496$. Hasil yang sama juga terlihat pada bagian bawah lamun (rhizoma dan akar) tidak berkorelasi dengan logam Cd pada sedimen, ditunjukkan dengan nilai $p=0.413$.

Tabel 5. Hasil korelasi logam Cd pada bagian lamun

	Correlation	Konsentrasi logam di lamun	
		Aboveground	Belowground
Logam Air	Pearson correlation	-.262	0
	Sig. (2-tailed)	.496	
	N	9	
Logam Sedimen	Pearson correlation	0	-.313
	Sig. (2-tailed)		.413
	N		9

G. Korelasi logam lamun dan sedimen dengan biomassa lamun

Berdasarkan hasil dari pengolahan data uji korelasi Pearson menggunakan SPSS pada Tabel 6 menunjukkan bahwa logam Cd tidak berkorelasi dengan biomassa lamun, ditunjukkan dengan nilai $p=0.174$ (Cd sedimen) dan $p=0.927$ (Cd lamun).

Tabel 6. Hasil korelasi logam Cd pada lamun dan sedimen dengan biomassa lamun

	Correlation	Biomassa Lamun
Logam Sedimen	Pearson correlation	-.496
	Sig. (2-tailed)	.174
	N	9
Logam Total Lamun	Pearson correlation	.036
	Sig. (2-tailed)	.927
	N	9

V. PEMBAHASAN

A. Konsentrasi logam di air

Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa kandungan logam yang diperoleh pada ketiga stasiun menunjukkan bahwa nilai rata-rata konsentrasi logam Cd pada air sebesar 0.003-0.004 mg/L. Walaupun tidak terdapat perbedaan rata-rata konsentrasi Cd di air yang signifikan tetapi terlihat paling tinggi pada pemukiman. Tingginya logam Cd pada air di pemukiman diduga bahwa aktivitas penduduk dekat dengan perairan yang menyumbang mayoritas logam Cd seperti aktivitas kapal dan endapan sampah anorganik (Sukaryono dan Dewa, 2018).

Konsentrasi logam Cd di air laut di lokasi penelitian dipengaruhi oleh suhu dan oksigen terlarut. Sesuai dengan penelitian Masriadi (2019) yang menyatakan bahwa suhu dan oksigen terlarut berpengaruh terhadap logam Cd. Suhu perairan berdasarkan hasil pengukuran di lapangan (Tabel 5), nilai suhu pada pemukiman paling tinggi diantara ketiga stasiun penelitian yaitu 29.7°C. Menurut Happy *et al.* (2012) suhu air yang rendah akan memudahkan logam mengendap ke sedimen. Sementara suhu yang tinggi, senyawa logam akan larut dalam air. Oksigen terlarut juga dapat mempengaruhi tinggi atau rendahnya logam pada air. Hal ini sesuai dengan penelitian Sugiyanto *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa nilai DO yang tinggi akan mempermudah logam larut dalam air kemudian terakumulasi ke dalam jaringan lamun.

Keberadaan logam dalam air dapat ditemukan dalam berbagai bentuk yaitu terlarut, endapan, atau butiran halus. Sebagian logam termasuk Cd yang berasal dari lingkungan, umumnya terendapkan dalam sedimen, logam yang mengontaminasi lingkungan perairan akan terendap di dalam sedimen. Rendahnya kadar ion Cd dalam air laut yang mengandung logam dapat berdampak negatif terhadap perairan yang mampu mengencerkan bahan pencemar yang cukup tinggi (Amin *et al.*, 2009; Leiwakabessy, 2005; Rochyatun *et al.*, 2006).

Nilai rata-rata kandungan ion Cd di Perairan Pundata Baji diperoleh berkisar 0.003-0.004 mg/L menunjukkan bahwa perairan tersebut telah tercemar logam Cd berdasarkan baku mutu logam Cd pada air yaitu maksimal 0.001 mg/L (ketetapan KMNLH No. 51 Tahun 2004).

B. Konsentrasi logam di sedimen

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa kandungan logam yang diperoleh pada ketiga stasiun menunjukkan bahwa kandungan logam Cd pada sedimen sebesar

0.003-0.004 mg/kg. Stasiun 3 kandungan logam Cd tertinggi (walaupun secara statistik tidak signifikan) yaitu 0.004 mg/kg karena stasiun tersebut dekat dengan muara sungai yang diduga mengalirkan sumber logam Cd seperti kegiatan manusia yaitu peindustrian yang dimana limbah hasil dari pabrik tersebut dibuang langsung kedalam perairan dan terakumulasi di dasar perairan yang membentuk sedimen (Indirawati, 2017). Logam yang semula terlarut dalam air sungai diadsorpsi oleh partikel halus (*suspended solid*) dan oleh aliran sungai dibawa ke muara dan adanya pertemuan arus dari arah laut dan sungai yang mengakibatkan turbulensi pada muara sungai (Rochyatun *et al.*, 2006; Pratiwi *et al.*, 2016). Muara sungai dengan presentase jenis sedimen yaitu pasir halus sebanyak 91.28% memiliki kandungan bahan organik yang tinggi sebanyak 4.39%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Yang *et al.* (2007) yang mengemukakan bahwa semakin halus partikel sedimen konsentrasi logam tinggi dan pada sedimen kasar konsentrasi logam akan rendah. Maslukah (2013) menambahkan bahwa semakin halus sedimen maka kemampuan dalam mengakumulasi bahan organik semakin besar, kandungan logam akan semakin tinggi dengan bertambahnya bahan organik dalam sedimen karena sedimen halus permukaannya lebih besar untuk mengikat logam.

Barus (2017) menambahkan stasiun yang terletak dekat dengan muara akan memperoleh limpasan beban pencemaran yang cukup tinggi baik yang berasal dari limbah anorganik. Dan juga adanya aktivitas pelabuhan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang pembuangan limbah cair ke perairan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Palar (2012) yang menyatakan bahwa sumber logam Cd masuk ke lingkungan disebabkan oleh kegiatan manusia, buangan air limbah rumah tangga yang mengandung Cd seperti formula detergen yang digunakan pada laundry kemudian sarana pembuangannya tidak diperhatikan dan buangan industri ringan. Sukaryono dan Dewa (2018) menambahkan logam Cd bersumber dari buangan limbah pabrik, aktivitas kapal dan endapan sampah anorganik. Keberadaan logam yang masuk ke badan air akan mengendap pada sedimen melalui tiga tahap, yaitu adanya curah hujan, adsorpsi dan penyerapan oleh organisme laut.

Pundata Baji memiliki tipe sedimen pasir halus. Lamun *Enhalus acoroides* dominan hidup pada substrat berpasir, akumulasi logam pada sedimen sering terjadi karena adanya dampak dari kegiatan-kegiatan manusia disekitarnya seperti kegiatan industri dan sebagainya. Sedimen merupakan kumpulan hasil rombakan batuan sekiranya yang ditentukan oleh mineralogi batuan asal (Santana *et al.*, 2019).

Nilai rata-rata kandungan ion Cd pada sedimen di perairan Pundata Baji diperoleh berkisar 0.003-0.004 mg/kg menunjukkan bahwa perairan Pundata Baji logam Cd masih berada di bawah standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh ANZECC (2000) yaitu maksimal 1.5 mg/kg.

C. Kosentrasi logam di lamun

1. Bagian atas lamun

Rata-rata konsentrasi Cd pada lamun bagian atas (*aboveground*) yang ditemukan pada ketiga stasiun pengamatan berkisar 0.003-0.008 $\mu\text{g}/\text{gr}$. Jika dibandingkan dengan penelitian Sugiyanto *et al.* (2016) konsentrasi Cd pada bagian atas lamun yang ditemukan pada penelitian ini lebih rendah. Diduga karena lokasi penelitian ini hanya mendapatkan input logam Cd dari muara sungai dan aktivitas pelabuhan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang diduga dapat menyebabkan tingginya logam Cd. Sedangkan, lokasi penelitian Sugiyanto *et al.* (2016) terletak diantara dua pelabuhan yang dapat mempengaruhi kondisi perairan seperti pengecatan kapal, limbah kapal, bongkar muat kapal dan pemasukan limbah domestik yang merupakan sumber logam Cd.

Konsentrasi logam Cd menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan di tiga stasiun ($p= 0.529$). Walaupun begitu pada stasiun muara sungai konsentrasi Cd tertinggi yaitu 0.008 $\mu\text{g}/\text{gr}$, diduga karena stasiun tersebut dekat dengan muara sungai, memperoleh limpasan beban pencemaran yang cukup tinggi. Aktivitas pelabuhan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) diduga juga dapat menyebabkan tingginya Cd di stasiun 3. Hasil Penelitian Usman *et al.* (2015) di Biringkassi dengan jarak yang dekat dari lokasi penelitian, mengemukakan bahwa tingginya Cd disebabkan oleh aktivitas pelabuhan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) karena penggunaan Logam Cd serta pembuangan limbah cairnya yang langsung ke perairan.

Berdasarkan hasil penelitian Sugiyanto *et al.* (2016) konsentrasi logam Cd lebih tinggi dibagian atas lamun karena daun merupakan akumulator utama logam di perairan, konsentrasi logam yang tinggi pada lamun disebabkan karena adanya proses penyerapan logam bersama dengan nutrisi tidak hanya terjadi di akar namun juga terjadi di daun. Sehingga, dapat diketahui bahwa konsentrasi Cd di daun tidak hanya berasal dari mobilitas akar namun juga proses penyerapan oleh daun itu sendiri.

Lamun dapat menyerap logam Cd terutama melalui daun dari kolom air juga melalui dari bagian bawah lamun atau sebaliknya. Sesuai dengan penelitian Hu *et al.* (2019) yang menunjukkan bahwa strategi toleransi lamun mungkin bergantung pada mekanisme detoksifikasi di bagian atas tanah (daun). Ketika logam diserap oleh lamun, lamun akan mentranslokasikan logam tersebut dari bagian bawah ke bagian atas tumbuhan atau sebaliknya. Logam yang di dapatkan pada daun lamun di stasiun 3 bisa disebabkan karena morfologi daun dan lamunnya lebih tua. Falah *et al.* (2020) menyatakan bahwa logam yang diakumulasikan lama-kelamaan akan bertambah sesuai dengan umur lamun dikarenakan semakin tua lamun maka kemampuan daun menyerap

logam meningkat. Translokasi logam berlebihan ke daun yang tua sesaat sebelum rontok bisa menjadi mekanisme toleransi tanaman air (Weis dan Weis, 2004; Galal dan Shehata, 2015).

Logam Cd merupakan logam non esensial yang keberadaannya dalam tubuh makhluk hidup dapat dikatakan tidak diharapkan, keberadaan logam Cd dalam tubuh seringkali menggantikan logam esensial dalam aktivitas kerja enzim dan bersifat menghambat kerja enzim (Ambo-Rappe *et al.*, 2007; Betawi, 2012). Brinx *et al.* (1983) menyatakan bahwa kandungan Cd pada bagian-bagian lamun menunjukkan kecenderungan yang sama dengan Cu, yaitu bagian daun mengandung Cu lebih banyak dari bagian lainnya. Logam Cd merupakan unsur non esensial bagi tanaman dan dengan mudah terakumulasi oleh tanaman, asupan ion Cd oleh tanaman dilakukan melalui saluran transmembran protein unsur hara lain seperti K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn dan Ni (Benavides *et al.*, 2005).

Hal ini menandakan bahwa keberadaan logam ditentukan oleh faktor lain. Sebagaimana Zurba *et al.* (2018) menyatakan bahwa proses akumulasi logam pada lamun cenderung dipengaruhi oleh faktor kondisi lingkungan perairan. Faktor lainnya yaitu konsentrasi logam berat yang tinggi pada daun lamun disebabkan karena adanya proses penyerapan logam bersama dengan nutrisi yang terjadi pada akar dan daun. Daun lamun memiliki kemampuan menyerap air dan zat terlarut termasuk logam dari perairan melalui kutikula. Logam Cd berpindah dari akar ke atas melalui transpirasi tumbuhan (xilem), tingkat pengangkutan unsur tidak sama pada setiap unsur dan setiap jenis tumbuhan. Terjadinya perpindahan pada daun *Enhalus acoroides* diduga karena lamun memiliki banyak ligan dan mampu ditranslokasikan ke daun bersama dengan unsur esensial lainnya melalui xilem (Sugiyanto *et al.*, 2016; Ahmad *et al.*, 2015; Tuapattinaya *et al.*, 2016).

Kadar logam yang cukup tinggi dapat dilihat dari faktor kondisi lingkungan perairan yang relatif lebih tinggi. Suhu perairan berdasarkan hasil pengukuran di lapangan (Tabel 5), nilai suhu pada pemukiman paling tinggi diantara ketiga stasiun penelitian yaitu 29.7°C. Menurut Happy *et al.* (2012) faktor suhu mempengaruhi konsentrasi logam berat di kolom air. Suhu yang tinggi, senyawa logam berat akan larut dalam air. Nilai pH juga berpengaruh terhadap logam berat di perairan, berdasarkan hasil pengukuran yang di lapangan (Tabel 5), nilai pH pada pemukiman paling tinggi diantara ketiga stasiun penelitian yaitu 6.8. Kenaikan pH di perairan logam berat akan mengalami pengendapan, sedangkan pH rendah ion bebas logam berat dilepaskan dalam kolom air sehingga menyebabkan toksisitas logam berat menjadi besar (Suryani *et al.*, 2014).

Hasil korelasi logam Cd dengan bagian atas lamun (daun) terhadap logam air tidak memiliki hubungan yang signifikan. Hal ini menandakan bahwa keberadaan logam

ditentukan oleh faktor lain. Sebagaimana Zurba *et al.* (2018) menyatakan bahwa proses akumulasi logam pada lamun cenderung dipengaruhi oleh faktor kondisi lingkungan perairan. Faktor lainnya yaitu konsentrasi logam berat yang tinggi pada daun lamun disebabkan karena adanya proses penyerapan logam bersama dengan nutrisi yang terjadi pada akar dan daun. Daun lamun memiliki kemampuan menyerap air dan zat terlarut termasuk logam dari perairan melalui kutikula. Logam Cd berpindah dari akar ke atas melalui transpirasi tumbuhan (xilem), tingkat pengangkutan unsur tidak sama pada setiap unsur dan setiap jenis tumbuhan. Terjadinya perpindahan pada daun *Enhalus acoroides* diduga karena lamun memiliki banyak ligan dan mampu ditranslokasikan ke daun bersama dengan unsur esensial lainnya melalui xilem (Sugiyanto *et al.*, 2016; Ahmad *et al.*, 2015; Tuapattinaya *et al.*, 2016).

2. Bagian bawah lamun

Kandungan logam Cd pada lamun bagian bawah (*belowground*) yang ditemukan pada ketiga stasiun pengamatan berkisar 0.006-0.011 µg/gr. Jika dibandingkan dengan penelitian Sugiyanto *et al.* (2016) konsentrasi Cd pada bawah lamun yang ditemukan pada penelitian ini lebih rendah.

Konsentrasi logam Cd lebih tinggi dibagian atas lamun karena daun merupakan akumulator utama logam di perairan, konsentrasi logam yang tinggi pada lamun disebabkan karena adanya proses penyerapan logam bersama dengan nutrisi tidak hanya terjadi di akar namun juga terjadi di daun. Sehingga, dapat diketahui bahwa konsentrasi Cd di daun tidak hanya berasal dari mobilitas akar namun juga proses penyerapan oleh daun itu sendiri. Daun lamun memiliki kemampuan menyerap air dan zat terlarut termasuk logam dari perairan melalui kutikula. Logam Cd berpindah dari akar ke atas melalui transpirasi tumbuhan (xilem), tingkat pengangkutan unsur tidak sama pada setiap unsur dan setiap jenis tumbuhan. Terjadinya perpindahan dari akar ke daun *Enhalus acoroides* diduga karena lamun memiliki banyak ligan yang mampu mengikat secara kordinasi ion logam dalam senyawa kompleks dan ditranslokasikan ke daun melalui xilem (Sugiyanto *et al.*, 2016; Tuapattinaya *et al.*, 2016).

Konsentrasi logam Cd pada lamun bagian bawah (*belowground*) menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan di tiga stasiun ($p=0.010$). Pada stasiun 2 konsentrasi Cd tertinggi yaitu 0.011 µg/gr, diduga karena aktivitas penduduk dekat dengan perairan yang menyumbangkan mayoritas logam Cd seperti transportasi laut dan perbaikan kapal. Logam Cd juga dapat berasal dari aktivitas manusia, seperti aktivitas transportasi laut dan aktivitas perbaikan kapal laut (Rumahlatu, 2011).

Kadmium yang terkandung dalam jaringan bawah lamun *Enhalus acoroides* berasal dari sedimen yang diserap oleh akar. Logam Cd yang masuk ke dalam akar

lamun *Enhalus acoroides* melalui saluran logam esensial dan terakumulasi oleh jaringan akar tanaman. Setelah terakumulasi di akar, logam tersebut akan ditranslokasikan ke jaringan lamun lainnya (Li dan Huang, 2012). Noviarini dan Ermavitalini (2015) menambahkan bahwa mekanisme masuknya Cd ke dalam tumbuhan diawali dengan masuknya logam ke dalam sel akar, selanjutnya diangkut melalui jaringan pengangkut yaitu xilem kemudian menuju ke semua bagian lamun.

Tumbuhan pada saat menyerap logam akan membentuk suatu enzim reduktase di membran akarnya. Reduktase ini berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui jaringan pengangkut. Pada konsentrasi tinggi, logam akan menyebabkan kerusakan (Noviarini dan Ermavitalini, 2015).

Hasil korelasi logam Cd dengan bagian bawah lamun (rhizoma dan akar) terhadap logam sedimen tidak memiliki hubungan yang signifikan, hal ini menandakan bahwa keberadaan logam ditentukan oleh faktor lain. Sebagaimana Vonk *et al.* (2018) menyatakan bahwa proses akumulasi logam pada lamun cenderung dipengaruhi oleh kemampuan penyerapan logam oleh lamun dan kondisi lingkungan yang berbeda. Zurba *et al.* (2018) menambahkan bahwa proses akumulasi logam pada lamun cenderung dipengaruhi oleh faktor kondisi lingkungan perairan dan substrat dasar perairan seperti ukuran partikel sedimen. Presentase jenis sedimen berkaitan dengan bahan organik pada sedimen. Muara sungai dengan presentase jenis sedimen yaitu pasir halus sebanyak 91.28% memiliki kandungan bahan organik yang tinggi sebanyak 4.39%. Hal ini sesuai dengan pernyataan Maslukah (2013) bahwa semakin halus sedimen maka kemampuan dalam mengakumulasi bahan organik semakin besar, kandungan logam berat akan semakin bertambah dengan bertambahnya bahan organik dalam sedimen.

D. Analisis hubungan konsentrasi logam Cd pada total lamun dengan biomassa lamun

Dari hasil analisis biomassa nilai rata-rata pada bagian *aboveground* berkisar antara 0.345-0.464 gr/m² dan bagian *belowground* 0.630-1.12 gr/m². Lamun *Enhalus acoroides* memiliki ukuran morfologi yang relatif lebih besar baik pada daun, rhizoma dan akar sehingga mempengaruhi biomassa dari lamun tersebut. Salah satu fungsi tingginya penyimpanan biomassa di bawah substrat adalah memperkuat tancapan lamun, jenis lamun yang secara morfologi berukuran besar cenderung memiliki biomassa yang tinggi di bawah substrat (Zurba, 2018; Runtuboi *et al.*, 2018).

Walaupun tidak terdapat korelasi yang signifikan (Tabel 6), akan tetapi terlihat pola korelasi yang positif dimana ini bisa menunjukkan dengan semakin tingginya konsentrasi logam di sedimen akan meningkatkan penyerapan oleh lamun dan kemungkinan dapat menyebabkan dampak penurunan biomassa lamun. Lamun menunjukkan efek terbatas

dari serapan Cd pada fotosintesis. Logam Cd menyebabkan efek negatif pada lamun dengan menghambat fotosintesis, karena Cd dapat berikatan dengan enzim sebagai katalisator sehingga reaksi kimia di sel akan terganggu. Konsentrasi logam Cd yang tinggi dapat merusak bagian kloroplas, kerusakan kloroplas dapat menyebabkan kerusakan pigmen fotosintesis yang disebabkan oleh toksisitas logam Cd. Akibatnya lamun akan kekurangan Fe dan Mg sehingga produksi klorofil akan berkurang (Listiawati, 2018; Haryati *et al.*, 2012; Arunakumara dan Zhang, 2009).

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Kandungan logam Cd yang didapatkan tertinggi pada bagian atas lamun di Stasiun 3 areal Muara Sungai yaitu 0.008 $\mu\text{g}/\text{gr}$, kandungan Cd tertinggi di bawah lamun didapatkan di stasiun 2 yaitu 0.011 $\mu\text{g}/\text{gr}$.
2. Tidak terdapat korelasi yang signifikan antara logam Cd pada bagian atas lamun (daun) dengan logam air, demikian pula antara bagian bawah lamun (rhizoma dan akar) terhadap logam sedimen.
3. Terdapat korelasi positif namun tidak signifikan antara konsentrasi total logam pada lamun dan di sedimen dengan biomassa lamun.

B. Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai akumulasi terhadap logam esensial dan non esensial dengan jenis lamun lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F., S. Azman, M.I. Mohd Said, L. Baloo. 2015. *Tropical seagrass as a bioindicator of metal accumulation*. Sains Malaysiana. 44(2): 203-210.
- Almeida, J. A., Barreto, R. E., Novelli, L. B., Castro, F. J., & Moron, S. E. 2009. *Oxidative Stress Biomarkers and Aggressive Behavior in Fish Exposed to Aquatic Cadmium Contamination*. Neotropical Ichthyology, Vol 7, pp. 103-108
- Ambo-Rappe, R., Lajus, D. L., & Schreider, M. J. 2007. *Translational fluctuating asymmetry and leaf dimension in seagrass, Zostera capricorni Aschers in a gradient of heavy metals*. Environ. Bioindic., 2: 99-116
- Amin, B., Ismail, A., Arshad, A., Yap, C.K., & Kamarudin, M.S. 2009. *Anthropogenic impacts on heavy metal concentrations in the coastal sediments of Dumai, Indonesia*. Environ. Monit. Assess., 148:291-305
- Anzecc & Armcanz. 2000. *Australian and New Zealand Environment and Conservation Council & Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Australia*. <https://www.environment.gov.au/system/files/resources/e080174c-b267-455e-a8db-d3f79e3b2142/files/nwqms-guidelines-4-vol3.pdf>
- Arunakurama, K. K.I. U & Zhang, X. 2009. *Effect of Heavy Metals (Pb²⁺ and Cd²⁺) on the Ultrastructure, Growth and Pigment Contents of the Unicellular Cyanobacterium Synechocystis sp. PCC 6803*. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 27(2): 383-338.
- Astuti, W. 2011. *Kandungan Logam Berat Pb (Timbal) pada Lamun Enhalus acoroides di Pesisir Teluk Ambon*. (elibrary.ub.ac.id/handle/123456789)
- Aulia, F., Siregar, Y. I., Amin, B. 2019. *Analisis Kandungan Logam Berat Cu, Pb, Zn, pada Lamun Enhalus acoroides di Perairan Desa Tanjung Medang Rupa Utara Kabupaten Bengkali Provinsi Riau*. Jurnal Universitas Riau
- Azkab, M. H. 2000. *Produktivitas di Lamun*. Oseana, 25 (1) : 1-11.
- 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
- Barus, B. S. 2017. *Analisis Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) dan Merkuri (Hg) pada Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Banyuasin*. Maspari Journal: Marine Science Research, 9(1), 69-76.
- Benavides, M. P., Galego, S. M., & Tomaro, M. L. 2005. *Cadmium toxicity in plants*. Brazilian Journal of Plant Physiology, 17, 21-34.
- Betawi, S. A. 2012. *Analisis Kadar Logam Kadmium (Cd) yang Tersorpsi pada Rumput Laut Merah (Euchema Cottoni) di Kabupaten Takalar dengan Metode*

- Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)*. Skripsi. Makassar. Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- 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: Marine Science Research, 9(2), 169-176
- Birch, G. F., Cox, B. M., & Besley, C. H. 2018. *Metal Concentrations in Seagrass (Halophila ovalis) Tissue and Ambient Sediment in a Highly Modified Estuarine Environment (Sydney estuary, Australia)*. Marine Pollution Bulletin.
- Bonanno, G., Di Martino, V. 2017. *Trace Element Compartmentation in the Seagrass Posidonia oceanica and Biomonitoring Applications*. Mar. Pollut. Bull. 116, 196-203.
- Brinx, H. Lyngby, J. E., and Schierup, H. H. 1983. *Eelgrass (zostera marina l) As An Indicator Organisms of Trace Metal in The Limfjord Denmark*. Marine Environmental Research, 8:165-181.
- Budianto, E., Idris, F., Syakti, A. D., & Budianto, E. 2018. *Kontaminan Logam Berat Timbal (Pb) pada Lamun Enhalus acoroides di Perairan Teluk Riau, Tanjungpinang*
- Christon, C., Djuaenedi, O. S., & Purba, N. P. 2012. *Pengaruh Tinggi Pasang Surut Terhadap Pertumbuhan dan Biomassa Lamun Enhalus acoroides di Pulau Pari Kepulauan Seribu Jakarta*. Jurnal Perikanan dan Kelautan Unpad, 3(3), 124821
- Effendi, H. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut; Aset Pembangunan Berkelanjutan*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Eviati & Sulaeman. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman Air dan Pupuk*. Edisi 2. Balai Penelitian Tanah. Bogor
- Falah, F., Suryono, C. A. & Riniatsih, I. 2020. *Logam Berat (Pb) pada Lamun Enhalus acoroides (Linnaeus F.) Royle 1839 (Magnoliopsida: Hydrocharitaceae) di Pulau Panjang dan Pulau Lima Teluk Banten*. Journal of Marine Research, 9(2), 193-200
- Fraser, M. W., & Kendrick, G.A. 2017. *Belowground stressors and long-term seagrass declines in a historically degraded seagrass ecosystem after improved water quality*. Scientific reports, (7), 1-11.
- Galal, T. M., & Shehata, H. S. 2015. *Bioaccumulation and Translocation of Heavy Metals by Plantago Major L. Grown in Contaminated Soils Under the Effect of Traffic Pollution*. Ecol. Indic. 48, 244-251.
- Happy, A. R., Masyamsir & Yayat. D. 2012. *Distribusi Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Kolom Air dan Sedimen Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu.*, Jurnal Perikanan dan Kelautan 3 (3): 175-182

- Haryati, M., Tarzan, P. & Thamrin. 2012. *Kemampuan Tanaman Genjer (Limnocharis Flava (L.) Buch) Menyerap Logam Berat Timbal (Pb) Limbah Cair Kertas pada Biomassa dan Waktu Pemaparan yang Berbeda*. Journal Lentera Bio. 1(3):131-138.
- Hasanuddin, R. 2013. *Hubungan Antara Kerapatan dan Morfometrik Lamun Enhalus acoroides dengan Substrat dan Nutrien di Pulau Sarappo Lompo Kab. Pangkep*. Skripsi. Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Makassar
- Hu, C., Yang, X., Gao, L., Zhang, P., Li, W., Dong, J., Li, C. & Zhang, X. 2019. *Comparative analysis of heavy metal accumulation and bioindication in three seagrasses: which species is more suitable as a bioindicator?*. Science of The Total Environment, 669, 41-48
- Hutabarat, S. & Evan, S., 1985. *Pengantar Oseanografi*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hutagulung, H. P. 1984. *Logam berat dalam lingkungan laut*. Pewarta Oceana IX, 1, 45-59.
- Hutagulung, H. P. 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. Jakarta: Puslitbang Oseanologi-LIPI.
- Indirawati, S. M. 2017. *Pencemaran Logam Berat Pb dan Cd dan Keluhan Kesehatan pada Masyarakat di Kawasan Pesisir Belawan*. JUMANTIK (Jurnal Ilmiah Penelitian Kesehatan), 2(2), 54-60.
- 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).
- Isabella, D. C. V. 2011. *Analisis Keberadaan Perifiton dalam Kaitannya dengan Parameter Fisika-Kimia dan Karakteristik Padang Lamun di Pulau Pari*. (Doctoral dissertation, Tesis. Pascasarjana IPB. Bogor).
- Istarani, F. F., & Pandebesie, E. S. 2014. *Studi dampak arsen (As) dan kadmium (Cd) terhadap penurunan kualitas lingkungan*. Jurnal Teknik ITS, 3(1), D53-D58.
- Jalaudin, M., Octaviyani, I. N., Putri, A. N. P., Octaviyani, W., & Aldiansyah, I. 2020. *Padang Lamun Sebagai Ekosistem Penunjang Kehidupan Biota Laut di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu, Indonesia*. Jurnal Geografi Gea, 20(1), 44-53
- Kristianingrum, S. 2012. *Kajian berbagai Proses Destruksi Sampel dan Efeknya*. Dalam : Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta (Vol.2).

- Leiwakabessy, F. 2005. *Logam Berat di Perairan Pantai Pulau Ambon dan Korelasinya dengan Kerusakan Cangkang, Rasio Seks, Ukuran Cangkang, kepada Individu dan Indeks Keseragaman Jenis Siput Nerita (Neritidae:Gastropoda)*. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Airlangga. Surabaya.
- Li, L., & Huang, X. 2012. *Three tropical seagrasses as potential bio-indicators to trace metals in Xincun Bay, Hainan Island, South China*. Chinese Journal of Oceanology and Limnology.
- Lisitiawati, V. 2018. *Peran Lamun sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Pesisir*. In Proceeding Biology Education Conference: Biology Science, Environmental, and Learning (Vol. 15, No. 1, pp. 750-754).
- Llagostera, I., Perez, M., Romero, J. 2011. *Trace Metal Content in the Seagrass Cymodocea nodosa: Differential Accumulation in Plant Organs*. Aquatic Botany 95, 124-128.
- Marganof. 2003. *Potensi Limbah Udang sebagai Penyerap Logam Berat Kadmium di Perairan*. IPB. Bogor.
- Maslukah, L. 2013. *Hubungan antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir dalam Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang*. Buletin Oseanografi Marina. Vol.2 55-62.
- Masriadi, M., Patang, P., & Ernawati, E. 2020. *Analisis Laju Distribusi Cemar cadmium (Cd) di Perairan Sungai Jeneberang Kabupaten Gowa*. Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian, 5(2), 14-25.
- McKenzie, L. 2008. *Seagrass Watch. Prosiding of Workshop for Mapping Seagrass Habitats in North East Arnhem Land, Northern Territory*, 18(20), 9-16
- Menteri Lingkungan Hidup. 2004. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 20 Tahun 2004 Tentang Kriteria Baku Kerusakan dan Pedoman Penentuan Status Padang Lamun*.
- Nguyen, X. V., Tran, M. H., & Papenbrock, J. 2017. *Different organs of Enhalus acoroides (Hydrocharitaceae) can serve as specific bioindicators for sediment contaminated with different heavy metals*. South African Journal of Botany, 113, 389-395
- Noviarini, W., & Ermavitalini, D. 2016. *Analisa Kerusakan Jaringan Akar Lamun Thalassia hemprichii yang Terpapar Logam Berat Kadmium (Cd)*. Jurnal Sains dan Seni ITS, 4 (2).
- Nugraha, A. H., Dietrich, G. B., & Mujizat, K. 2017. *Physiological response of Thalassia hemprichii on Anthropogenic Pressure in Paris Island, Seribu Island, DKI Jakarta*. ILMU KELAUTAN : Indonesian journal of Marine Science, 22(1):40-48

- Palar, Haryando. 2012. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Cetakan 4. PT. Rineka Cipta, Jakarta. 152 hal.
- Patang. 2018. *Dampak Logam Berat Kadmium dan Timbal pada Perairan*. Badan Penerbit UNM. Makassar.
- Patrick, W.H.Jr. & Delaune, R.D. 1997. *Chemical and Biological Redox Systems Affecting Nutrient Availability in the Coastal Wetlands*. *Geoscience and Man* 18: 131-137.
- Pratiwi, A. R., Willian, N., & Pratomo, A. 2014. *Analisis Kandungan Logam Berat (Pb) dan (Cd) terhadap Lamun (Enhalus acoroides) sebagai Bioindikator di Perairan Tanjung Lanjut Kota Tanjung Pinang*. *Jurnal Zarah*, 2(1).
- Pratiwi, D. F., Hidayat, D., & Pratama, D. S. 2016. *Tingkat Pencemaran Logam Kadmium (Cd) dan Kobalt (Co) pada Sedimen di Sekitar Pesisir Bandar Lampung*. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1(1), 61-68.
- Rizal, M. 2011. *Kandungan Logam Berat Cu dan Pb Pada Lamun Enhalus acoroides di Perairan Kepulauan Spermonde Sul-Sel*. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Rochyatun, E., Kaisupy, M. T., & Rozak, A. 2006. *Distribusi Logam Berat dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane*. *Makara Journal of Science*.
- Rompas, R. 2010. *Toksikologi Kelautan*. Walaw Bengkulen. Jakarta
- Rosalina, D. 2012. *Studi Tentang Struktur Komunitas Lamun dan Faktor-faktor Fisika dan Kimia yang Mempengaruhi Pertumbuhan Lamun di Kabupaten Bangka Tengah*. *Akuatik: Jurnal Sumberdaya Perairan*, 6(1), 22-26.
- Rumahlatu, D. 2011. *Konsentrasi Logam Berat Kadmium pada Air, Sedimen dan Deadema setosum (Echinodermata, Echinodea) di Perairan Pulau Ambon*. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 16(2), 78-85.
- Runtuboi, F., Nugrohi, J., & Rahakratat, Y. 2018. *Biomassa dan Penyerapan Karbon oleh Lamun Enhalus acoroides di Pesisir Teluk Gunung Botak Papua Barat*. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 2(2), 91-102.
- Santana, I. K. Y. T., Julyantoroa, P. G. S., & Wijyantia, N. P. P. 2018. *Akumulasi Logam Berat Seng (Zn) pada Akar dan Daun Lamun Enhalus acoroides di Perairan Pantai Sanur, Bali*. *Current Trends in Aquatic Science I*, 1, 47-56.
- Sjarfie, N. D. M., Hernawan, U. E., Prayudha, B., Supriyadi, I. H., Iswari, M. Y., Rahmat, K. A., & Rahmawati, S. Suyarso. 2018. *Status padang lamun indonesia Ver. 02*. LIPI. Jakarta, 40.
- Sosrosuhardjo, D. 2010. *Mengenal Logam Beracun*. Gramedia: Jakarta.
- 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*. In Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan VI (pp. 449-455).
- Sukaryono, I. D., & Riardi, P. D. 2018. *Pemantauan Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Sedimen di Pesisir Teluk Ambon dalam Sebagai Indikasi Tingkat Pencemaran*. Majalah Biam, 14(1), 1-7
- Sukoasih, A, & Widiyanto, T. 2017. *Hubungan Antara Suhu, Ph dan Berbagai Variasi Jarak dengan Kadar Timbal (Pb) pada Badan Air Sungai Rompong dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah Tahun 2016*. Buletin Keslingmas, 36(4), 360-368.
- Supriharyono. 2003. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Supriyantini, E., S. Sedjati, Z. Nurfadhli. 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.
- Suryani, M. S., Nursal, N., & Febrita, E. F. 2014. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Anadara Granosa di Pantai Nongsa Kota Batam untuk Penyusunan Lembar Tugas Siswa pada Konsep Pencemaran Air di SMA*. Doctoral dissertation, Riau University.
- Tangke, U. 2010. *Ekosistem Padang Lamun (Manfaat, Fungsi dan Rehabilitasi)*. Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan, 3(1), 9-29.
- Thangaradjou, T., Nobi, EP, Dilipan, E., Sivakumar, K. & Susila, S. 2010. *Heavy Metal Enrichment in Seagrass of Andaman Island and its Implication to the Health of the Coastal Ecosystem*. Indian Journal of Marine Science 39, 85-91.
- Tuapattinaya, P. M. J., Rumahlatu, D., & Tulalessy, S. 2016. *Bioaccumulation of cadmium heavy metal and its effect on the lwwvl of chlorophyll and carotenoids of *Thalassia hemprichii* in the waters of Ambon Island*. Int. J. Eng. Sci. 6 (5), 28-33.
- 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* (Monocotyledonae, Hydrocharitaceae)*. Bioflux, 9(3), 580-589
- Usman, A. F., Budiman, B., & Budi, P. 2015. *Kandungan Logam Berat Pb-Cd dan Kualitas Air di Perairan Biringkassi, Bungoro, Pangkep*. Jurnal Agrokompleks, 4(9), 103-107.
- Vonk, J. A., Smulders, F. O. H., Christianen, M. J. A., & Govers, L. L. 2018. *Seagrass leaf element content: A global overview*. Marine Pollution Bulletin.
- Weis, JS., and Weis, P. 2004. *Metal Uptake, Transport and Release by Wetland Plants: Implications for Phytoremediation and Restoration*. Environ. Int. 30, 685-700.

- Werorilangi, S., Samawi, M. F., Rastina, A. T., Faizal, A., & Massinai, A. 2016. *Bioavailability of Pb and Cu in Sediments of Vegetated Seagrass, Enhalus acoroides, from Spermonde Islands, Makassar, South Sulawesi, Indonesia*. Research Journal of Environmental Toxicology, 10(2), 126-134.
- Yang, T., Liu Q., Chan L., dan Liu Z. 2007. *Magnetic Signature of Heavy Metals Pollution of Sediments: Case study from the East Lake in Wuhan, China*. Journal of Environment Geology (2007) 52:16390-1650
- Yusup, D. S. 2015. *Karakterisasi dan Determinasi Tanaman Lamun (Seagrass) di Kawasan Perairan Pantai Sekitar Kota Denpasar*. Jurnal Seminar Nasional Bioscience II. Universitas Udayana. Denpasar
- Zamani, N. P., Ali, A., & Lalang. 2016. *The growth rate of coral Porites lutea relating to the El Nino phenomena at Tunda Island, Banten Bay, Indonesia*. Prodecia Environmental Sciences. 33:505-511
- Zarfen., Lestari, F., Zen, L. W. 2017. *Hubngan Parameter Kualitas Perairan Terhadap Kerapatan Lamun di Perairan Desa Kelong Kecamatan Bintan Pesisir Kabupaten Bintan Provinsi Kepulauan Riau*.
- Zurba, N. 2018. *Pengenalan Padang Lamun, Suatu Ekosistem yang Terlupakan*. Penerbit Unimal Press. 114 hal.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Analisis Kandungan Logam Cd pada Air

Kandungan Logam Cd di Air				
Stasiun	U1	U2	U3	Rata-rata
Stasiun 1	0.003	0.003	0.003	0.003
Stasiun 2	0.004	0.003	0.005	0.004
Stasiun 3	0.003	0.003	0.003	0.003

Lampiran 2. Hasil Analisis Kandungan Logam Cd pada Sedimen

Kandungan Logam Cd di Sedimen				
Stasiun	U1	U2	U3	Rata-rata
Stasiun 1	0.003	0.003	0.003	0.003
Stasiun 2	0.003	0.003	0.003	0.003
Stasiun 3	0.005	0.003	0.004	0.004

Lampiran 3. Hasil Analisis Kandungan Logam Cd pada Lamun Aboveground

Kandungan Logam Cd di Lamun Aboveground				
Stasiun	U1	U2	U3	Rata-rata
Stasiun 1	0.007	0.006	0.003	0.005
Stasiun 2	0.003	0.003	0.003	0.003
Stasiun 3	0.003	0.003	0.018	0.008

Lampiran 4. Hasil Analisis Kandungan Logam Cd pada Lamun Belowground

Kandungan Logam Cd di Lamun Belowground				
Stasiun	U1	U2	U3	Rata-rata
Stasiun 1	0.006	0.006	0.006	0.006
Stasiun 2	0.012	0.013	0.008	0.011
Stasiun 3	0.006	0.006	0.006	0.006

Lampiran 5. Hasil Uji Statistik Oneway ANOVA Biomassa Lamun

Descriptives

Biomassa Lamun

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					1	3		
2	3	1,26900	,237224	,136961	,67970	1,85830	1,094	1,539
3	3	,97500	,470953	,271905	-,19491	2,14491	,436	1,307
Total	9	1,25256	,558674	,186225	,82312	1,68199	,436	2,234

Test of Homogeneity of Variances

Biomassa Lamun

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,867	2	6	,134

ANOVA

Biomassa Lamun

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,436	2	,218	,635	,562
Within Groups	2,060	6	,343		
Total	2,497	8			

Lampiran 6. Hasil Uji Statistik Oneway ANOVA Logam Cd pada air

Descriptives

Logam Air

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	,00300	,000000	,000000	,00300	,00300	,003	,003
2	3	,00400	,001000	,000577	,00152	,00648	,003	,005
3	3	,00300	,000000	,000000	,00300	,00300	,003	,003
Total	9	,00333	,000707	,000236	,00279	,00388	,003	,005

Test of Homogeneity of Variances

Logam Air

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4,000	2	6	,079

ANOVA

Logam Air

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,000	2	,000	3,000	,125
Within Groups	,000	6	,000		
Total	,000	8			

Lampiran 7. Hasil Uji Statistik Oneway ANOVA Logam Cd pada sedimen

Descriptives

Logam Cd Sedimen

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
					Stasiun 1	3		
Stasiun 2	3	.00300	.000000	.00000000	.00300	.00300	.003	.003
Stasiun 3	3	.00400	.001000	.0000577	.00152	.00648	.003	.005
Total	9	.00344	.000726	.0000242	.00289	.00400	.003	.005

ANOVA

Logam Cd Sedimen

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	1.750	.252
Within Groups	.000	6	.000		
Total	.000	8			

Lampiran 8. Hasil Uji Statistik Oneway ANOVA Logam Cd pada Lamun Aboveground

Descriptives

Logam Aboveground

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	,00533	,002082	,001202	,00016	,01050	,003	,007
2	3	,00300	,000000	,000000	,00300	,00300	,003	,003
3	3	,00800	,008660	,005000	-,01351	,02951	,003	,018
Total	9	,00544	,004953	,001651	,00164	,00925	,003	,018

Test of Homogeneity of Variances

Logam Aboveground

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
12,115	2	6	,008

ANOVA

Logam Aboveground

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,000	2	,000	,710	,529
Within Groups	,000	6	,000		
Total	,000	8			

Lampiran 9. Hasil Uji Statistik Oneway ANOVA Logam Cd pada Lamun Belowground

Descriptives

Logam Belowground

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	3	,00600	,00000	,00000	,00600	,600	,006	,006
2	3	,01100	,002646	,01528	,00443	,757	,008	,013
3	3	,00600	,00000	,00000	,00600	,600	,006	,006
Total	9	,00767	,002828	,00943	,00549	,984	,006	,013

ANOVA

Logam Belowground

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	,000	2	,000	1,0714	,010
Within Groups	,000	6	,000		
Total	,000	8			

Lampiran 10. Hasil Uji Statistik Uji Tukey Logam Cd pada lamun Belowground

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Logam Belowground

Tukey HSD

(I) Stasiun	(J) Stasiun	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-,005000*	,001247	,017	-,00883	-,00117
	3	,000000	,001247	1,000	-,00383	,00383
2	1	,005000*	,001247	,017	,00117	,00883
	3	,005000*	,001247	,017	,00117	,00883
3	1	,000000	,001247	1,000	-,00383	,00383
	2	-,005000*	,001247	,017	-,00883	-,00117

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Logam Belowground

Tukey HSD^a

Stasiun	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	,00600	
3	3	,00600	
2	3		,01100
Sig.		1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Lampiran 11. Hasil Uji Statistik Korelasi Person Logam Aboveground dengan Air

		Correlations	
		Logam Air	Logam Aboveground
Logam Air	Pearson Correlation	1	-,262
	Sig. (2-tailed)		,496
	N	9	9
Logam Aboveground	Pearson Correlation	-,262	1
	Sig. (2-tailed)	,496	
	N	9	9

Lampiran 12. Hasil Uji Statistik Korelasi Person Logam Belowground dengan Sedimen

		Correlations	
		Logam Sedimen	Logam Belowground
Logam Sedimen	Pearson Correlation	1	-,313
	Sig. (2-tailed)		,413
	N	9	9
Logam Belowground	Pearson Correlation	-,313	1
	Sig. (2-tailed)	,413	
	N	9	9

Lampiran 13. Hasil Uji Statistik Korelasi Person logam sedimen dan biomassa lamun

Correlations

		Logam sedimen	Biomassa lamun
Logam sedimen	Pearson Correlation	1	-,496
	Sig. (2-tailed)		,174
	N	9	9
Biomassa lamun	Pearson Correlation	-,496	1
	Sig. (2-tailed)	,174	
	N	9	9

Lampiran 14. Hasil Uji Statistik Korelasi Person logam total lamun dan biomassa lamun

Correlations

		Logam Total Lamun	Biomassa lamun
Logam Total Lamun	Pearson Correlation	1	,036
	Sig. (2-tailed)		,927
	N	9	9
Biomassa lamun	Pearson Correlation	,036	1
	Sig. (2-tailed)	,927	
	N	9	9

Lampiran 15. Data Hasil Analisis Parameter Oseanografi

Ulangan	Parameter Fisik Kimia	S1	S2	S3
1	Suhu	28	30	28
2		28	30	28
3		28	29	28
	Rata-rata	28	29,7	28
1	Salinitas	26	30	25
2		28	29	27
3		26	30	28
	Rata-rata	26,7	29,7	26,7
1	pH	6,87	6,87	6,62
2		6,9	6,77	6,58
3		6	6,9	6,39
	Rata-rata	6,6	6,8	6,5
1	DO	4,071	4,27	2,76
2		3,93	3,864	3,657
3		4,14	3,036	3,381
	Rata-rata	4,0	4	3,3
1	BOT-sedimen	2,73	3,75	6,27
2		5,30	2,78	4,54
3		5,14	5,20	2,36
	Rata-rata	4,39	3,91	4,39
1	Eh-sedimen	54,4	63,7	50,9
2		55,6	37,2	47,3
3		53,7	49,3	53,2
	Rata-rata	54,6	50,1	50,5

Lampiran 16. Data Hasil Analisis Kandungan BOT pada Sedimen

No.	Berat cawan kosong	B.Sampel	B.ck + B.sp (B.awal)	Berat Setelah Pijar (B.akhir)	B.aw - B.ak (Kandungan Bahan Organik)	Berat BO/B.sampel	%	LOI
1	44,085	5,017	49,102	48,965	0,137	0,02730716	100	2,73
2	31,244	5,037	36,281	36,014	0,267	0,05300774	100	5,30
3	31,168	5,076	36,244	35,983	0,261	0,05141844	100	5,14
4	43,266	5,016	48,282	48,094	0,188	0,03748006	100	3,75
5	42,785	5,073	47,858	47,717	0,141	0,0277942	100	2,78
6	43,235	5,038	48,273	48,011	0,262	0,05200476	100	5,20
7	45,536	5,054	50,590	50,273	0,317	0,0627226	100	6,27
8	43,263	5,048	48,311	48,082	0,229	0,0453645	100	4,54
9	41,499	5,086	46,585	46,465	0,120	0,02359418	100	2,36

Lampiran 17. Data Hasil Analisis Ukuran Butir Sedimen

Stasiun	Ulangan	Berat Awal (gr)	Berat Hasil Ayakan (gr)							Berat akhir
			2 mm	1 mm	0,5 mm	0,25 mm	0,125 mm	0,063 mm	<0,063 mm	
I	1	100,016	0	2,003	5,688	11,196	59,518	18,910	2,299	99,614
			pasir kasar (2%)		pasir sedang (16%)		pasir halus (80%)			
	2	100,06	0	3,859	9,947	25,706	48,735	8,937	2,714	99,898
			pasir kasar (4%)		pasir sedang (35%)		pasir halus (60%)			
	3	100,034	0	2,063	5,068	24,958	57,215	8,844	1,312	99,46
			pasir kasar (2%)		pasir sedang (30%)		pasir halus (67%)			
II	1	100,007	0	0,192	0,571	9,345	64,912	18,802	6,021	99,843
			pasir kasar (0,19%)		pasir sedang (9%)		pasir halus (89%)			
	2	100,033	0	0,736	1,068	9,31	69,143	13,45	5,557	99,264
			pasir kasar (0,73%)		pasir sedang (10%)		pasir halus (88%)			
	3	100,019	0	0,875	0,984	9,423	66,333	19,105	3,275	99,995
			pasir kasar (0,87%)		pasir sedang (10%)		pasir halus (88%)			
III	1	100,035	0	4,145	5,057	7,026	44,136	32	7,431	99,795
			pasir kasar (4%)		pasir sedang (12%)		pasir halus (83%)			
	2	100,068	0	2,383	1,266	1,992	54,107	34,132	6,041	99,921
			pasir kasar (2%)		pasir sedang (3%)		pasir halus (94%)			
	3	100,058	0	0,39	0,853	2,394	59,652	33,143	3,188	99,62
			pasir kasar (0,39%)		pasir sedang (3%)		pasir halus (95%)			

Lampiran 18. Pengambilan Data di Lapangan



Pengukuran Ph



Pengukuran DO



Pengambilan Sampel Lamun



Pengambilan Sampel Sedimen



Memisahkan Bagian Lamun

Lampiran 19. Pengamatan Sampel di Laboratorium



Analisis Bahan Organik Total



Analisis Ukuran Butir Sedimen



Analisis Biomassa Lamun



Analisis Logam Cd