

**AKUMULASI LOGAM TIMBEL (Pb) DI AKAR DAN SEDIMEN PADA JENIS
MANGROVE YANG BERBEDA DI LANTEBUNG,
KOTA MAKASSAR**

SKRIPSI

NUR MARISSA



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

2020

**AKUMULASI LOGAM TIMBEL (Pb) DI AKAR DAN SEDIMEN PADA JENIS
MANGROVE YANG BERBEDA DI LANTEBUNG,
KOTA MAKASSAR**

NUR MARISSA

L11115009

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Akumulasi Logam Timbel (Pb) di Akar dan Sedimen pada Jenis Mangrove yang Berbeda di Lantebung, Kota Makassar

Nama Mahasiswa : Nur Marissa

Nomor Pokok : L11115009

Program Studi : Ilmu Kelautan

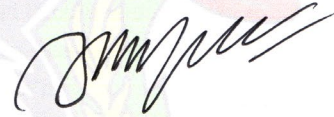
Skripsi telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Shirta Werorilangi, M.Sc.
NIP. 19670826199103001

Pembimbing Anggota,



Prof. Dr. Amran Saru, ST, M.Si
NIP. 196709241995031001

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



Dr. Ir. St. Aisjah Farhum, M. Si
NIP. 196906051993032002

Ketua Program Studi
Ilmu Kelautan,



Dr. Ahmad Faizal, ST., M.Si
NIP. 197507272001121003

Tanggal Lulus: 14 Januari 2020

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Marissa
NIM : L11115009
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa Skripsi dengan Judul: "Akumulasi Logam Timbel (Pb) di Akar dan Sedimen pada Jenis Mangrove yang Berbeda di Lantebung, Kota Makassar" ini adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas plagiat, serta tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis digunakan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan (Permendiknas No. 17, tahun 2007).

Makassar, 24 Januari 2020



Nur Marissa
L11115009

PERNYATAAN AUTHORSHIP

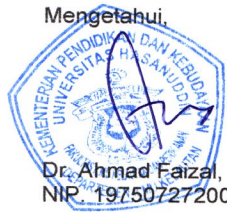
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Marissa
NIM : L11115009
Program Studi : Ilmu Kelautan
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

Menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi Skripsi 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, 24 Januari 2020

Mengetahui,



Dr. Ahmad Faizal, ST., M.Si
NIP. 197507272001121003

Penulis



Nur Marissa
NIM. L11115009

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirobbil Alamiin. Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan seluruh alam atas nikmat dan karunia-Nya yang tiada henti, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Tak lupa pula kami kirimkan shalawat serta salam kita kirimkan buat baginda Nabi besar Muhammad SAW, yang merupakan tokoh teladan bagi seluruh umat manusia, sehingga penulis sampai pada tahap penyelesaian penyelesaian skripsi ini yang berjudul “Akumulasi Logam Timbal (Pb) Di Akar dan Sedimen Pada Jenis Mangrove Yang Berbeda Di Lantebung, Kota Makassar”.

Proses penelitian dan penyusunan skripsi ini tidak lepas adari banyak pihak yang berkontribusi dalam memberikan arahan, bimbingan, kritik, saran dan dukungan, moril dan materil. Oleh karena itu penulis menyampaikan banyak terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Ayahanda Khona Abdullah, Ibunda Sitti Amalia dan Saudara saya Muh. Abdillah atas segala dukungan dan doa yang mereka panjatkan dalam sujudnya sehingga penulis dapat menyelesaikan studi ini dengan segala berkah yang didapatkan dalam setiap langkah untuk mencapai cita-cita anaknya.
2. Dr. Ir. St. Aisjah Farhum, M.Si selaku Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf.
3. Dr. Ahmad Faizal, ST., M.Si selaku Ketua Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin beserta seluruh staf.
4. Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc selaku pembimbing utama yang telah memberikan penulis arahan dan bimbingan dengan penuh kesabaran selama penyusunan proposal sampai dengan terselesaikannya skripsi ini.
5. Prof. Dr. Amran Saru, ST, M.Si selaku pembimbing pendamping sekaligus pembimbing akademik yang telah banyak membantu, membimbing penulis selama perkuliahan, penyusunan proposal dan skripsi ini.
6. Prof. Dr. Akbar Tahir, M.Sc, Prof. Dr. Ir. Andi Niartiningsih, MP. dan Dr. Wasir Samad, S.Si, M.Si sebagai dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi.
7. Dosen Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Makassar.

8. Sri Hadriana, Rahmayanti. S, Karmila, Devi Handayani, Dian Dahliati, Nurdini, Windry Septianti, Asmita Andriani, Tiara, Muh. Ilham, Muh. Fadil, Rahmatullah, Husni Awal, Dien Syahrudin, Muh. Caesario, Muh. Akmal, Andi Subhan, Muh. Reza, Ciki dan Said yang telah membantu penelitian pada saat di lapangan.
9. Ayu Silvia, Andi Suci Malinda dan Iin Sariningsih yang telah membantu penelitian pada saat di laboratorium.
10. Najemia, Indah Kartika, Febi, Nita dan Kak Agung yang telah membantu mengerjakan salah satu bagian skripsi penulis.
11. Teman-teman seperjuangan (S.Kel Soon) Ayu Silvia, Karmila, Anisa Aulia Sabilah, Nurul Wahidah, Fuji Pratiwi, Fajriyah Khairunnisa, Winda Wijaya, Iin Sariningsih, Rahmat Syawalman, Muh. Reza Ramadhani, Reski Adiguna, Eka Syaputra yang telah memberikan banyak bantuan selama perkuliahan dalam hal menyelesaikan tugas, memberi info penting mengenai tugas-tugas perkuliahan dan memberi asupan semangat dalam setiap kelelahan yang ada pada diri penulis.
12. Saudara-saudari seperjuangan Jurusan Ilmu Kelautan angkatan 2015 "ATLANT15" yang telah banyak memberikan dorongan semangat dan bantuan yang mungkin tidak terfikirkan oleh penulis tapi terfikirkan oleh kalian sehingga sangat membantu dalam penyelesaian suatu permasalahan selama menjalankan masa studi di Universitas Hasanuddin.
13. Keluarga Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan (KEMAJIK FIKP-UH) yang senantiasa memberikan semangat dan masukan yang membangun selama Penulis menjadi mahasiswa.
14. Saudara-saudari KKN Kec. Mallusetasi, Kab. Barru memberi warna dalam setiap cerita KKN, cerita yang bercerita untuk seseorang sebagai sebuah pengalaman yang tidak akan terulang, akan terulang tapi tak akan sama sehingga dikenang dan dikemas dalam sebuah cerita yang terbungkus dalam memori penulis.
15. Akhwat BMI Chapter UNHAS yang tidak berhenti memberikan semangat, saran serta doanya sehingga penulis dimudahkan dalam penulisan skripsi.
16. Dan seluruh pihak tanpa terkecuali yang telah banyak memberikan bantuan selama penyusunan skripsi.
17. Dan seluruh pihak tanpa terkecuali yang telah banyak memberikan bantuan selama penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini terdapat banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca untuk menyempurnakan segala bentuk kekurangan dari skripsi ini. Terlepas dari kekurangan skripsi ini, penulis mengharapkan manfaat yang bisa diambil dari segala kelebihan-kelebihan yang ada.

TERIMA KASIH

BIODATA PENULIS



Nur Marissa lahir pada tanggal 28 Februari 1997 di Serawak. Anak pertama dari dua bersaudara oleh pasangan Khona Abdullah dan Sitti Amalia. Menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 36 Kecamatan Duampanua tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Duampanua pada tahun 2012 dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Pinrang pada tahun 2015. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi di Universitas Hasanuddin. Penulis diterima masuk pada Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Penulis bergabung dalam KEMAJIK (Keluarga Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan).

Penulis melakukan rangkaian tugas akhir yaitu Kuliah Kerja Nyata Angkatan 99 di Desa Cilellang, Kecamatan Mallusetasi, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2018, menyelesaikan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Balai Besar **Karantina Ikan**, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan Makassar (BBKIPM). Di bidang akademik penulis aktif menjadi asisten Laboratorium pada mata kuliah Ekotoksikologi pada tahun 2019.

Penulis Melakukan Penelitian Dengan Judul “**Akumulasi Logam Timbal (Pb) Di Akar Dan Sedimen Pada Jenis Mangrove Yang Berbeda Di Lantebung, Kota Makassar**” pada tahun 2019 dibimbing oleh Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc dan Prof. Dr. Amran Saru, ST, M.Si.

”.

ABSTRAK

NUR MARISSA. L11115009. “Akumulasi Logam Timbel (Pb) di Akar dan Sedimen Pada Jenis Mangrove yang Berbeda di Lantebung, Kota Makassar” dibimbing oleh **Shinta Werorilangi** sebagai Pembimbing Utama dan **Amran Saru** sebagai Pembimbing Pendamping.

Mangrove merupakan tumbuhan yang hidup di daerah perairan payau dengan tingkat produktivitas yang tinggi dibandingkan dengan ekosistem lainnya. Mangrove dapat mengurangi polutan di perairan seperti menyerap logam. Logam timbel (Pb) merupakan logam non-esensial yang dapat diserap oleh mangrove. Keberadaan logam di perairan dapat dikontrol oleh beberapa faktor fisika-kimia sedimen seperti pH redoks, pH, ukuran butir dan BOT. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui konsentrasi logam timbel di akar dan sedimen mangrove yang berbeda serta hubungannya dengan parameter fisika-kimia sedimen di ekosistem mangrove, Lantebung, Makassar. Kegunaan dari penelitian ini yaitu sebagai bahan informasi tambahan untuk kriteria penilaian daerah ekosistem mangrove yang tercemar logam timbel (Pb) dan informasi pendukung tentang konsentrasi logam timbel (Pb) pada sedimen di daerah mangrove. Metodologi penelitian ini meliputi tahap persiapan, penentuan stasiun di lokasi penelitian, pengambilan dan preparasi sampel akar dan sedimen, analisis ukuran butir sedimen, pengukuran parameter lingkungan, analisis bahan organik total dan analisis konsentrasi logam timbel (Pb) di sedimen dan akar mangrove. Rata-rata konsentrasi logam Pb di sedimen berkisar 6,51-17,37 mg/kg ($p < 0,05$), dengan konsentrasi tertinggi pada stasiun yang hanya terdapat *Avicennia marina* (Stasiun 2) sebesar 17,37 mg/kg dan yang konsentrasi terendah terdapat pada stasiun campuran *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* (Stasiun 3) sebesar 6,51 mg/kg. Sedangkan rata-rata konsentrasi yang terdeteksi di akar berkisar 3,02-3,69 mg/kg ($p > 0,05$). Terdapat korelasi positif antara logam akar dengan parameter Eh sedimen sedimen ($r = 0,672$, $p = 0,0001$) serta antara logam sedimen dengan parameter pH sedimen ($r = 0,376$, $p = 0,041$).

Kata Kunci: Logam berat, sedimen, *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, Lantebung, Makassar.

ABSTRACT

NUR MARISSA L11115009 “Accumulation Lead Metal (Pb) on Roots and Sediments from Different Types of Mangroves Plants at Lantebung, Makassar” Supervised by **Shinta Werorilangi** as the principle supervisor and **Amran Saru** as the co-supervisor.

Mangroves are plants that live in water with a high level of productivity compared to other ecosystems. Lead metal (Pb) is a non-essential metal that can be absorbed by mangroves. The presence of metals in mangrove sediment can be controlled by several physical and chemical factors as sediment such as redox potential, pH, grain size and total organic matter. To determine the concentration of lead metal in roots and mangrove sediments that are different and their relationship with chemical physics parameters of the sediment is the aim of this study. The usefulness of this research is as additional information material for the assessment criteria of mangrove ecosystem areas that are contaminated with lead metal (Pb) and supporting information about lead metal concentrations (Pb) in sediments of mangrove areas. The methodology of this research includes the preparation stage, the determination of stations at the study site, the taking and preparation of root and sediment samples, the analysis of sediment grain size, measurement of environmental parameters, analysis of lead metal (Pb) concentrations in sediments and mangrove root. The concentration of mean Pb in the sediments ranged from 6.51-17.37 mg/kg ($p < 0.05$) with the highest concentration at the station 2 where only *Avicennia marina* grew was 17,37 mg/kg and the lowest concentration at the station 3 where mix *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata*. While the average concentration detected in the roots ranged from 3.02-3.69 mg/kg ($p > 0.050$). There is a positive correlation between the root metal and the parameters Eh of sediment ($r = 0.672$; $p = 0.0001$) and between the sediment metal and the sediment pH ($r = 0.376$, $p = 0.041$).

Keywords: Heavy metal, Sediment, *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, Lantebung, Makassar.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN AUTHORSHIP	v
KATA PENGANTAR	vi
BIODATA PENULIS	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan dan kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Mangrove.....	3
B. Logam Timbel (Pb).....	7
C. Logam Pada Mangrove.....	9
D. Faktor Fisik-Kimia Lingkungan Yang Mempengaruhi Daya Larut Logam.....	12
III. METODE PENELITIAN	15
A. Waktu dan Tempat.....	15
B. Alat dan Bahan.....	16
C. Prosedur Kerja.....	17
D. Analisis Data.....	20
IV. HASIL	21
A. Konsentrasi Logam Timbel (Pb).....	21
B. Parameter Fisika-Kimia Sedimen.....	23
V. PEMBAHASAN	25
A. Konsentrasi Logam Timbel (Pb).....	25
B. Parameter Fisika-Kimia Sedimen.....	29
C. Keterkaitan Parameter Sedimen Terhadap Akumulasi Pada Akar dan Sedimen.....	31
VI. SIMPULAN DAN SARAN	34
A. Simpulan.....	34

B. Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Alat dan Kegunaannya.....	16
2. Bahan dan Kegunaannya	17
3. Hasil pengukuran parameter fisika-kimia sedimen	23
4. Hasil <i>Pearson Correlation</i> konsentrasi logam di sedimen dan akar mangrove terhadap parameter sedimen.....	33

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Peta Lokasi Penelitian.....	15
2. Grafik rata-rata logam timbel (Pb) di sedimen.....	21
3. Grafik rata-rata konsentrasi logam timbel (Pb) di akar mangrove.....	22
4. Hasil analisis PCA konsentrasi logam dan parameter sedimen.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Data Hasil Pengukuran Logam Timbal (Pb) Sedimen	44
2. Data Hasil Pengukuran Logam Timbal (Pb) Akar	45
3. Data Hasil Pengukuran pH dan Eh	46
4. Data Hasil Analisis Gradistat.....	47
5. Diagram persentase ukuran butir	48
6. Distribusi phi	48
7. Cumulative (phi)	49
8. Data Hasil Pengukuran Bahan Organik Total	50
9. Data Hasil Uji Statistik <i>One Way Anova</i> logam sedimen dan akar	51
10. Data Hasil Uji Statistik <i>Pearson Correlation</i>	53
11. Pengambilan Sampel (a) Pengambilan Sampel Sedimen (b) Pengambilan Sampel Akar <i>Avicennia</i> sp. (c) Pengukuran Eh (d) Pengambilan Sampel <i>Rhizophora</i> sp.	54
12. Preparasi Sampel (a) Memasukkan Sampel Sedimen ke dalam gelas kimia 100 ml (b) Memasukkan Sampel Sedimen ke dalam Oven.....	55
13. Analisis Laboratorium (a) Menganyak Sedimen (b) Memasukkan Cawan ke dalam Tanur (d) Pengukuran Eh (c) Analisis Logam menggunakan AAS (<i>Atomic absorption spektrofotometre</i>).....	56

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ekosistem mangrove adalah hutan yang berada di daerah pasang surut air laut yang terdistribusi sepanjang pantai tropis dan memiliki kemampuan untuk menstabilkan zona pantai dari erosi serta bertindak sebagai zona penyangga antara darat dan laut (Prasad dan Ramanathan, 2008). Selain itu ekosistem mangrove yang banyak tumbuh di wilayah perairan pesisir merupakan bagian dari ekosistem pesisir yang memiliki tingkat produktivitas paling tinggi dibandingkan dengan ekosistem pesisir lainnya (Jupriyati *et al.*, 2013). Tumbuhan mangrove disebut sebagai bioindikator perairan karena memiliki kemampuan mengakumulasi bahan pencemar seperti logam yang ada di lingkungannya (Supriyantini, 2017).

Kemampuan mangrove mengakumulasi logam berbeda pada setiap jenisnya. Penyerapan logam antar organ tumbuhan seperti akar, cabang dan daun berbeda dalam tiap-tiap spesies (Kariada *et al.*, 2013). Beberapa penelitian membuktikan jenis mangrove yang baik dalam mengakumulasi logam adalah *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* (MacFarlane *et al.*, 2003 ; Dedy *et al.*, 2013). Selain akar, sedimen juga sangat berperan dalam proses penyerapan logam pada mangrove. Penelitian tentang sedimen di daerah mangrove dapat mengakumulasi logam telah banyak dilakukan namun masih kurang yang meneliti tentang keterkaitan akar dan sedimen pada jenis mangrove yang berbeda.

Banyaknya aktivitas manusia seperti reklamasi pantai, pembukaan lahan untuk pertanian dan perikanan budidaya, industri serta pembangunan perumahan di daerah pesisir secara langsung dapat menyebabkan masuknya limbah ke dalam ekosistem perairan salah satunya adalah logam timbel (Pb). Masuknya logam timbel ke dalam perairan dapat bersumber dari limbah domestik dan limbah industri (Maddusa *et al.*, 2017).

Penyerapan logam pada sedimen dapat berupa bentuk senyawa kompleks bersama senyawa organik dan anorganik (Supriyantini, 2017). Adapun jenis sedimen tempat tumbuh mangrove pada umumnya adalah sedimen yang berlumpur (Bengen dan Dutton, 2004). Dimana jenis sedimen yang berlumpur sangat berkaitan dengan keberadaan logam dalam sedimen (Huang dan Lin, 2003). Selain itu penyerapan logam pada sedimen sangat erat kaitannya dengan penyerapan logam pada akar mangrove. Menurut Darpi (2017) konsentrasi logam lebih banyak terkandung di dalam

sedimen dan pada kondisi geokimia tertentu logam dapat berubah dalam bentuk yang mudah diserap (*bioavailable*) oleh akar tumbuhan termasuk mangrove.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan dapat mempengaruhi kondisi fisik-kimia sedimen di sekitar perakarannya. Logam dapat terlepas (*bioavailable*) dari perikatan dengan sedimen yang ada tumbuhan oleh karena mekanisme pemasaman pada sedimen sekitarnya yang diakibatkan oleh senyawa-senyawa yg dikeluarkan oleh sistem perakaran tumbuhan (Doyle & Otte, 1997; Marseille *et al.*, 2000) atau melalui mekanisme oksigenasi sedimen oleh transport oksigen di batang lalu diteruskan ke akar dan sedimen disekitarnya (Lacerda *et al.*, 1993 ; Weis & Weis, 2004 ; Werorilangi *et al.*, 2016). Tumbuhan mangrove melalui sistem perakarannya mampu mengalirkan oksigen kedalam sedimen tanah untuk mengatasi kondisi anaerob pada sedimen tersebut (Lacerda *et al.*, 1993), sehingga menyebabkan konsentrasi logam dalam bentuk mudah diserap (*bioavailable*) meningkat (MacFarlane *et al.*, 2003).

Desa Lantebung merupakan kawasan hutan mangrove yang berada di pesisir utara kota Makassar. Selain sebagai tempat wisata kawasan mangrove juga dijadikan mata pencaharian masyarakat seperti mencari kepiting. Karena lokasi penelitian yang tidak terlalu jauh dari pusat kota dan berada di daerah pesisir memungkinkan logam masuk ke daerah tersebut, selain itu terdapat berbagai jenis mangrove yang memiliki sistem perakaran yang berbeda dan senyawa (*plant exudates*) yang dihasilkan berbeda sehingga memungkinkan pergerakan logam di sedimen dan perakaran juga berbeda, maka perlu dilakukan penelitian untuk melihat kemampuan akar dan sedimen mangrove yang berbeda dalam mengakumulasi logam timbel (Pb).

B. Tujuan dan kegunaan

Adapun tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui konsentrasi logam timbel (Pb) pada akar dan sedimen mangrove yang berbeda serta hubungannya dengan parameter fisik-kimia sedimen pada ekosistem mangrove, Lantebung, Makassar.

Kegunaan dari penelitian ini yaitu sebagai bahan informasi tambahan untuk kriteria penilaian daerah ekosistem mangrove yang tercemar logam timbel (Pb) dan informasi pendukung tentang konsentrasi logam timbel (Pb) pada sedimen di daerah ekosistem mangrove, Lantebung, Makassar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Mangrove

Menurut Setyawan dan Kusumo (2006) mangrove merupakan ekosistem unik dan langka karena hanya memiliki luas 2% permukaan bumi. Senoaji (2016) mendefinisikan mangrove merupakan tumbuhan pantai yang dipengaruhi oleh pasang surut dan arus sehingga permukaannya selalu tergenang air.

1. Manfaat Mangrove

Adapun secara fisik manfaat ekosistem mangrove yaitu dapat mencegah terjadinya bencana seperti gelombang yang tinggi dan angin badai terhadap daerah yang ada di belakangnya, melindungi pantai dari abrasi, air pasang yang tinggi, tsunami, penahan lumpur dan perangkap sedimen yang diangkat oleh aliran air laut ke daratan, serta pada batas tertentu dapat menetralsir pencemaran di perairan (Lasibani dan Eni, 2009).

Mangrove memiliki tipe perakaran yang ciri khas meliputi jenis *Rizophora mucronata* dan *Avicennia marina* genangan serta struktur mangrove berfungsi sebagai pelindung bagi larva dari berbagai biota laut dan menjadi tempat berbagai macam ikan dan udang kecil ketika bertelur, pemijahan, membesarkan dan menjadi tempat mencari makan, karena suplai makanannya tersedia dan terlindung dari ikan pemangsa. Selain itu ekosistem mangrove juga berperan sebagai habitat dari berbagai jenis ikan, kepiting dan kerang-kerangan yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi (Pramudji, 2001).

Mangrove memiliki perakaran yang dapat berperan sebagai perangkap, mengendapkan sedimen yang berfungsi melindungi ekosistem padang lamun dan terumbu karang dari bahaya pelumpuran. Perlindungan dan kelestarian ekosistem mangrove dari bahaya kerusakan tersebut, dapat menghasilkan suatu ekosistem yang sangat luas dan kompleks serta dapat memelihara kesuburan, sehingga pada akhirnya dapat menciptakan dan memberikan kesuburan bagi perairan kawasan pantai dan sekitarnya (Pramudji, 2001).

2. Jenis-jenis Mangrove

a. *Avicennia marina*

A. marina atau dikenal dengan nama api-api jambu merupakan pohon mangrove yang banyak ditemukan di tepi laut ataupun tepi sungai dan memiliki ukuran sedang, besar sampai yang tinggi (Sukardjo, 1984). *A. marina* merupakan pohon yang berwarna abu-abu dan terkadang berwarna pucat, memiliki batang yang keras dengan permukaan kasar yang sering terkelupas, tingginya mencapai 12-30 m, merupakan pohon rimbun dan hidup berkelompok (Fahmi, 2014).

Mangrove Api-api memiliki akar jenis *pneumatophores* atau akar napas berbentuk seperti pensil dengan banyak sel lentil berwarna gelap panjang dari akarnya mencapai 15-30 cm dari substrat membentuk mengelilingi pohon dan daerah di sekitarnya mencuat dari bawah substrat. *A. marina* merupakan akar yang memiliki kelenjar garam (secreter) (Onrizal, 2005).

Bagian daun berwarna hijau muda terang dengan bintik-bintik kelenjar berbentuk cekung, tulang daun berwarna kekuningan, sedangkan pada bagian bawah daun berwarna putih keabu-abuan, sering kali pada bawah daun dijumpai kristal-kristal garam berwarna putih. Bunga berbentuk seperti trisula bergerombol terletak di ujung bunga. Memiliki mahkota bunga berjumlah 4 berwarna kuning dengan kelopak bunga berjumlah 5, benang sari berjumlah 4. Buah agak membulat, berwarna hijau keabu-abuan (Fahmi, 2014).

Mangrove *A. marina* cenderung tumbuh di tanah yg berpasir maupun berlumpur (Setyawan dan Kusumo, 2006) sebagian besar jenis mangrove tumbuh dengan baik pada tanah berlumpur terutama di daerah dimana endapan lumpur terakumulasi, di sungai tallo, substrat berlumpur ini sangat baik untuk tegakan *R. mucronata* dan *A. marina* (Fahmi, 2014).

a. *Acrostichum aureum* (Paku laut)

Acrostichum aureum (Paku laut) merupakan jenis tumbuhan paku-pakuan yang tumbuh di daerah hutan mangrove yang terbuka dan hidup bergerombol membentuk rumpun namun kadang memisahkan diri sendiri dengan tinggi mencapai 2 meter (Sukardjo, 1984). Paku laut merupakan satu-satunya tumbuhan paku dengan genus yang tumbuh di kawasan hutan mangrove (Hanin dan Pratiwi, 2017). Paku laut sering tumbuh di daerah berlumpur atau sungai, memiliki warna coklat kehitaman dan berserabut. Daunnya tunggal dan sejajar atau saling berhadapan, memiliki tekstur daun yang licin dan berwarna hijau muda (Ceri *et al.*, 2014).

b. *Acanthus lucifolius* (Jeruju)

Acanthus sp. merupakan jenis mangrove yang tumbuh di kawasan mangrove dan sangat jarang ditemukan di daerah daratan. Memiliki ciri yang khas sebagai tumbuhan terna yang kuat, mampu menyebar secara vegetatif yang disebabkan oleh akarnya yang berbentuk horizontal kokoh dan kuat (Trinanda, 2018). Tumbuhan ini hidup di daerah yang berlumpur atau lahan basah dan terbuka (Sukardjo, 1984) dan mampu tumbuh di daerah dengan salinitas yang rendah, memiliki bentuk yang bercabang dan tumbuh di sekitar tumbuhan nipah di area pertambakan (Nuryani *et al.*, 2018). *A. lucifolius* memiliki daun yang meruncing tajam seperti duri (Sukardjo, 1984). Helaian daunnya tunggal dan menyilang saling berhadapan dan berbentuk memanjang sampai lanset dengan warna daun hijau tua (Nuryani, 2018).

c. *Burquiera gymnorhiza* (Tanjang)

Burquiera gymnorhiza merupakan jenis pohon mangrove yang memiliki ukuran pohon yang besar dan tingginya dapat mencapai 30-35 m dengan jenis akar lutut, memiliki kulit berwarna coklat pucat sampai abu-abu, tebal dan kasar. Daunnya berwarna hijau tua, kasar dan memiliki jaringan apical. Akarnya kokoh di atas tanah, akar mengelilingi pangkal batang (Allen, 2006). Menurut penelitian Idrus *et al.*, (2014) tumbuhan jenis ini memiliki akar yang melebar ke samping sepanjang 7-12 m dari bagian pangkal pohon dan sepanjang akar muncul akar lutut.

d. *Ceriops tagal* (Tengar)

Ceriops tagal merupakan mangrove yang memiliki ukuran pohon yang sedang (Sukardjo, 1984). Tumbuhan ini memiliki ukuran sekitar 3-6 m, kulit batang berwarna abu-abu dan memiliki jumlah bunga 4-5 serta hidup di daerah yang tergenang air (Idrus, 2014).

e. *Rhizophora mucronata* (Bakau)

R. mucronata atau dikenal dengan nama bakau merupakan jenis mangrove yang umum dan selalu tumbuh di hutan mangrove. *R. mucronata* memiliki bentuk perakaran yang berbentuk seperti jangkar dengan tinggi pohon dewasa dapat mencapai 30-40 m, batang yang besar dan daunnya berwarna hijau dan mengkilap pada muka atasnya (Sukardjo, 1984). Merupakan pohon yang memiliki tinggi mencapai 30 m dengan diameter batang dapat mencapai 50 cm. Batangnya berwarna abu-abu gelap dengan struktur kayunya kuat dan keras, pada bagian permukaan batang kasar dan seringkali terkelupas (Fahmi, 2014).

Memiliki akar tunjang (*stilt root*) berbentuk silindris dengan tinggi mencapai 5 m, terdapat beberapa akar yang menggantung (tidak menyentuh substrat) karena tumbuh di bagian atas batang dan ukurannya lebih kecil daripada akar yang menjadi penunjang berdirinya pohon, akarnya seringkali bergerombol padat dan bercabang di sekitar pohon (Fahmi, 2014) dan merupakan akar non-secreter yaitu tidak memiliki kelenjar garam (Onrizal, 2005).

Memiliki daun yang tunggal, bersilangan, helai daun berbentuk elips, menyempit, ujung tajam (*apiculatus*), panjang daun mencapai 9-18 cm. Bentuk dan ukuran daun beragam untuk *R. apiculata* ukuran daun dan bentuknya lebih kecil daripada *R. mucronata*. Warna hijau tua pada bagian atas terlihat mengkilap, hijau kekuningan pada bagian bawah, tulang daun tidak terlalu terlihat jelas berwarna kekuningan, dan kemerahan pada bagian pangkal daun, pada saat masih berbentuk tunas berwarna merah terang, serta memiliki bintik-bintik hitam kecil yang menyebar di seluruh permukaan bawah daun (Fahmi, 2014).

Bunga memiliki 2 rangkaian bunga pertangka dengan panjang tangkai mencapai 1,4 cm di bagian ketiak daun. Mahkota berjumlah 4 berwarna putih, kelopak 4 helai berwarna kuning. Benang sari umumnya berjumlah 12, berwarna coklat dan tidak bertangkai. Buah kasar berbentuk bulat memanjang, warna coklat, panjang 2-3 cm, Mangrove jenis *R. mucronata* cenderung hidup di daerah yang berlumpur (Fahmi, 2014).

f. *Sonneratia alba* (Pedada)

Sonneratia alba atau lebih dikenal pedada merupakan jenis mangrove yang pionir, memiliki pohon berukuran sedang hingga besar (Sukardjo, 1984). Memiliki tinggi pohon sepanjang 16 m. Jenis akar napas yang berbentuk kerucut. Daunnya bersilang oblong sampai bulat telur sunsang, ujung membundar sampai berlekuk dengan panjang 5-10 cm, bagian atas dan bawah permukaan hampir sama. Memiliki tangkai dan bunga berwarna kuning, helai kelopak menyebar atau sedikit melengkung ke arah buah (Susmalinda, 2013).

g. *Xylocarpus* spp. (Nyirih)

Xylocarpus sp. merupakan jenis mangrove yang umum dijumpai di hutan, memiliki ukuran yang sedang dan sebagai bagian dari daerah transisi antara habitat yang berlumpur lunak atau pejal dan berkarang (Sukardjo, 1984).

B. Logam Timbel (Pb)

Logam merupakan limbah yang berada dalam air dalam bentuk ion yang bersifat toksik (racun) (Irawan, 2015). Nasution (2011) mengatakan bahwa pada konsentrasi tertentu logam akan menjadi kelompok bahan pencemar yang sangat berbahaya apabila masuk ke dalam perairan laut. Logam terakumulasi pada air dan sedimen di dalam lingkungan melalui beberapa proses yaitu fisika, kimia dan biologi (Santosa, 2013).

1. Sifat Fisika dan Kimia Logam Timbel (Pb)

Timbel (Pb) merupakan logam lunak memiliki titik leleh 327,502°C dan titik didih 1620°C termasuk dalam kelompok logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia. Timbel memiliki sifat lentur dan lunak, sangat rapuh dan mengkerut pada pendinginan, sukar larut dalam air dingin, air panas dan air asam namun dapat larut dalam asam nitrit, asam asetat dan sulfat pekat. Timbel (Pb) merupakan logam berat yang memiliki potensi yang menyebabkan pencemaran lingkungan (Fernanda, 2012).

2. Sumber-sumber Logam di Perairan

Logam dapat ditemukan dari beberapa sumber antara lain proses tektonik, vulkanik, *up welling*, masukan dari atmosfer dan daratan. Logam yang berasal dari daratan dapat meningkatkan konsentrasi logam berat di perairan, misalnya buangan limbah cair industri (Puspasari, 2006). Menurut Rochyatun *et al.*, (2006) logam di perairan dapat berasal dari kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian dan buangan industri, namun dari keempat jenis limbah tersebut yang paling banyak mengandung logam yaitu limbah industri, hal ini dikarenakan senyawa logam sering digunakan dalam kegiatan industri sebagai bahan baku. Menurut Kamarati *et al.*, (2018) Pb banyak digunakan dalam kegiatan industri kimia, industri percetakan serta kendaraan bermotor.

Menurut Akbar *et al.*, (2014) logam dapat berasal dari hasil buangan kota, lokasi pelabuhan, pengecetan dan minyak tumpahan kapal. Logam Pb juga dapat berasal dari proses alam dan antropogenik seperti kegiatan pertanian, perbengkelan, rumah sakit, pelabuhan laut, pom bensin dan kegiatan tambang emas. Konsentrasi logam Pb masuk ke perairan lalu hinggap sampai menumpuk di perairan laut dan sedimen lalu masuk ke dalam sistem rantai makanan dan akan berdampak pada kehidupan organisme (Ika *et al.*, 2012).

3. Logam Perairan dan Sedimen

Logam terlarut dalam perairan pada konsentrasi tertentu akan berubah fungsi menjadi sumber racun bagi kehidupan organisme perairan. Kontaminasi logam berat yang terakumulasi pada biota perairan akan berdampak pada manusia dimana masyarakat memanfaatkan hasil laut sebagai pemenuh kebutuhan sehari-hari (Syaikhah, 2017). Logam Pb dan buangan limbah industri dan rumah tangga yang masuk ke perairan akan terikat pada padatan tersuspensi dan akan mengendap ke sedimen bagian dasar perairan (Syahminan, 2015). Sedimen memiliki sifat yang mudah tersuspensi sehingga berpotensi menjadi sumber pencemaran dalam waktu tertentu (Wahikun, 2016). Kandungan logam yang tinggi dalam sedimen menunjukkan bahwa terjadi akumulasi logam dalam sedimen. Hal ini terlihat dari tekstur atau jenis butir sedimen yang meliputi pasir berlumpur yang memiliki daya absorpsi yang tinggi sehingga kadar logam yang didapat cukup tinggi (Roehyantun *et al.*, 2006).

Logam yang larut dalam sungai diadsorpsi oleh partikel halus (*suspended solid*) kemudian dibawa ke muara, setelah itu air sungai bertemu dengan arus pasang surut di muara sungai yang mengakibatkan partikel halus mengendap di muara sungai, sehingga menyebabkan kadar logam dalam sedimen muara lebih tinggi dibandingkan dengan laut lepas (Roehyantun *et al.*, 2006). Menurut Wulandari (2018) sedimen yang ditumbuhi mangrove jenis *A. marina* lebih tinggi mengikat logam dibandingkan dengan sedimen yang ditumbuhi jenis *R. mucronata*. Hal ini sejalan dengan penelitian Arisandy (2012) yang menunjukkan konsentrasi logam sedimen di daerah yang dominan ditumbuhi mangrove *A. marina* lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang sedikit ditumbuhi *A. marina*

Beberapa penelitian yang melihat konsentrasi logam Pb di perairan, sedimen dan sedimen mangrove telah dilakukan diberbagai negara salah satunya negara Bangladesh di sungai Korotoa dengan konsentrasi Pb di air sebesar 35 mg/kg dan sedimen sebesar 63 mg/kg (Islam, 2015). Sedangkan di Indonesia salah satunya di Laguna Segara Anakan yang terdapat di Pulau Jawa yang menunjukkan konsentrasi logam di air sebesar 0.177-0.233 mg/kg (Hilmi *et al.*, 2017). Di perairan Teluk Blongko sebesar 4,4 ppm (sedimen), perairan Teluk Tokok sebesar 22,6 ppm (Siahaan *et al.*, 2017). Kandungan logam Pb pada sedimen mangrove *A. marina* yang berada di daerah perairan Porong, Sidoarjo, Jawa Timur sebesar 0,0605-0,0650 mg/kg (Harlyan *et al.*, 2015). Sedangkan kandungan logam Pb pada sedimen mangrove jenis *R.*

mucronata yang terdapat di daerah perairan Mangrove Park, Pekalongan, Jawa Tengah sebesar 13,36 mg/kg (Supriyantini *et al.*, 2017)

Beberapa di daerah Sulawesi Selatan konsentrasi logam air antara lain Lumpue sebesar 0,66 mg/kg, Sumpang Minange sebesar 0,34 mg/kg, Mattirotasi sebesar 0,70 mg/kg, Pelabuhan Nusantara sebesar 0,56 mg/l dan Lakessi sebesar 0,58 mg/kg (Ramlia *et al.*, 2018). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Harlyan *et al.*, (2015) kandungan logam Pb pada sedimen mangrove *A. marina* yang berada di daerah perairan Porong, Sidoarjo, Jawa Timur sebesar 0,0605-0,0650 mg/kg.

Kandungan logam timbel (Pb) yang sesuai dengan baku mutu air laut berdasarkan Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (SKMENKLH No. 51 Tahun 2004 untuk kepentingan pariwisata yaitu $0,005 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ dan untuk organisme perairan yaitu $0,08 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Untuk nilai baku mutu kualitas sedimen terhadap logam timbel (Pb) yang dikeluarkan NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) adalah $<30,240 \text{ ppm}$.

C. Logam Pada Mangrove

Tumbuhan mangrove yang hidupnya di daerah peralihan antara darat dan laut berpotensi mendapatkan tekanan dari berbagai jenis polutan baik yang berasal dari laut maupun darat. Limbah masuk ke dalam perairan melalui aliran sungai dan kemungkinan besar akan menumpuk pada tumbuhan mangrove. Mangrove mampu menyerap bahan organik yang berasal dari lingkungannya masuk ke dalam tubuh melalui membran sel salah satunya yaitu logam berat (Setiawan, 2013).

Menurut Setiawan (2013) jaringan mangrove seperti akar, daun, batang dan buah dapat mengakumulasi logam dan yang paling kuat mengakumulasi logam adalah jaringan akar hal ini dapat disebabkan karena akar berinteraksi langsung dengan sedimen yang telah terkontaminasi logam yang mengendap. Menurut Lakitan (2001) ada tiga cara unsur hara dapat berinteraksi langsung dengan permukaan akar antara lain secara difusi dalam larutan sedimen, secara pasif melalui aliran air sedimen dan melalui matrik sedimen. Mangrove *A. marina* dan *R.mucronata* merupakan jenis mangrove yang paling banyak dijadikan objek penelitian sebagai tumbuhan dengan jaringannya yang mampu mengakumulasi logam dengan baik terutama akar.

Penelitian Barutu (2015) menunjukkan akar mangrove lebih kuat menyerap logam timbel di perairan dikarenakan jaringan ini bagian yang terkena kontak langsung dengan perairan. Lacerda *et al.*, (1993) menunjukkan penyerapan logam pada akar

mangrove jenis *R.mucronata*. dan *A. marina* dapat berubah dari oksik menjadi anoksik, penyebaran logam yang diserap akar mangrove bervariasi berdasarkan karakteristik fisik dan kimia tanah.

Penelitian Testi *et al.*, (2015) akar menyerap logam timbel yang selanjutnya akan membentuk suatu enzim yang reduktase di membran akar. Reduktase berfungsi mereduksi logam yang selanjutnya diangkut melalui mekanisme khusus di dalam membran akar. Terdapat dua mekanisme sistem pengangkutan utama logam pada tumbuhan adalah melalui *xilem (xylem transport)* dan *floem (phloem transport)*. Adanya logam dalam pergerakan dan komposisi air (*sap*) yang diangkut oleh pembuluh *xilem* dan *floem* juga dapat berpengaruh pada respon tanaman terhadap daya racun logam (Siahaan, 2013). Secara praktis tumbuhan dapat berfungsi sebagai biofilter logam berat (Yulianto *et al.*, 2006).

Logam berat pada umumnya ditempatkan dalam akar serta daun, mekanisme akumulasi logam berat pada beberapa tanaman melibatkan dinding sel akar dan daun yang menyimpannya di dalam vakuola sel (Memon *et al.*, 2001). Terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam. Dari akar, logam akan ditranslokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat lainnya seperti fitokelatin (MacFarlane *et al.*, 2003).

Tingkat akumulasi logam timbel di akar mangrove berbeda-beda tergantung jenis masing-masing mangrove tersebut (Ali, 2012). Hal ini sejalan dengan penelitian Dewi *et al.*, (2018) bahwa terdapat perbedaan pada penyerapan logam pada akar Mangrove *A.marina* dan *R. mucronata*. Perbedaan akumulasi logam tersebut kemungkinan dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan aktivitas fisiologis tumbuhan mangrove serta ketersediaan logam dalam sedimen. Akar menyerap dengan baik logam yang berasal dari sedimen maupun air kemudian terjadi translokasi ke bagian jaringan mangrove lainnya (Kawung *et al.*, 2018). Hal ini sejalan dengan penelitian Siahaan *et al.*, (2013) mangrove pada umumnya memiliki mekanisme tersendiri dalam mengatasi logam yang masuk ke dalam air, sedimen maupun jaringannya.

Menurut penelitian Wulandari (2018) *R. mucronata* adalah mangrove yang memiliki jenis akar tunjang yaitu akar yang tumbuh dari batang ke dalam tanah dan seakan-akan menunjang batang, memiliki pola penyebaran akar yang lebih sempit sehingga dapat menyerap logam. Sedangkan sistem perakaran *A. marina* yang unik yaitu akar napas yang mampu meredakan oksigen yang teroksidasi di lingkungan

sehingga mengurangi konsentrasi logam di perairan (Chaudhuri *et al.*, 2014). Akar *R. mucronata* yang berada di dalam tanah melepaskan oksigen membentuk kepingan besi (*iron plaques*), yang menempel pada permukaan dan mencegah logam dari sedimen untuk memasuki sel-sel akar. Kemudian jaringan akar yang dimasuki oleh logam Pb terjadi mekanisme yang menyebabkan logam tidak dapat beredar secara bebas ke dalam tanaman (Kathiresan dan Bingham, 2001). Namun dalam kondisi tertentu akar *R. mucronata* mampu mempertahankan oksigen di akar bahkan dalam keadaan reduksi sehingga penyerapan logam lebih tinggi (Kathiresan dan Bingham, 2001).

Pada akar napas dengan ukuran diameter 0,9 cm lebih kecil dari ukuran akar tunjang, akar ini tertanam jauh dalam tanah dengan ukuran diameter 1,2 cm sehingga akar ini dapat menyerap logam Pb (Wulandari, 2018). Jaringan akar *A. marina* membentuk zat fitokelatin sehingga mampu menyerap logam yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin (Jupriyati *et al.*, 2013). Akar napas yang dapat menyerap udara melalui sel lentil kemudian diteruskan ke akar yang mampu mengoksidasi endapan anaerob di akar serabut serabut pengendapan logam sehingga dapat mengurangi presipitasi sulfida sehingga logam banyak terserap di akar (Lacerda *et al.*, 1993).

A. marina memiliki kemampuan menanggulangi racun (toksik), dengan cara melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga dapat mengurangi toksisitas logam tersebut. Pengenceran dengan penyimpanan air di dalam jaringan biasanya terjadi pada daun dan diikuti dengan terjadinya penebalan daun (sukulensi). Upaya yang dilakukan akar dengan cara melakukan ekskresi sehingga zat toksik logam tersimpan di dalam jaringan yang sudah tua seperti daun yang sudah tua dan kulit batang yang mudah mengelupas, sehingga dapat mengurangi konsentrasi logam di dalam tubuhnya (Mulyadi *et al.*, 2009).

Menurut Abohassan (2013) akar mangrove jenis *A. marina* dapat dengan lambat dalam menguraikan logam sehingga menyebabkan logam mengendap di sedimen. Rendahnya logam di akar *A. marina* juga dapat disebabkan Pb merupakan logam non-esensial sehingga tidak terlalu dibutuhkan dalam proses metabolisme dan pertumbuhan (Hamzah dan Agus, 2010). Selain itu perbedaan penyerapan logam dari kedua jenis mangrove *A. marina* dan *R. mucronata* juga dapat disebabkan oleh ukuran pohon dan posisi tempat tumbuh mangrove (Kawung *et al.*, 2018).

Beberapa penelitian yang menunjukkan konsentrasi Pb di akar mangrove antara lain penelitian Supriyantini *et al.*, (2017) menunjukkan kandungan logam Pb pada sedimen mangrove jenis *R. mucronata* yang terdapat di daerah perairan Mangrove Park, Pekalongan, Jawa Tengah sebesar 13,36 mg/kg. Sedangkan penelitian Shete *et al.*, (2007) sedimen di perairan Ghatkopar, Mumbai, India jenis *A. marina* sebesar 51,65 mg/kg dan sedimen *R. mucronata* di Dusun Ampallas, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat sebesar 68,62 mg/kg (Darpi, 2017).

D. Faktor Fisik-Kimia Lingkungan Yang Mempengaruhi Daya Larut Logam

Adapun parameter fisika dan kimia yang mempengaruhi konsentrasi logam perairan antara lain pH, potensi redoks, bahan organik total (BOT) dan ukuran butir.

1. pH

pH merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui kandungan hidrogen yang larut di dalam air (Hutagaol, 2012). Menurut Rachmaningrum (2015) keberadaan pH di perairan dapat disebabkan oleh limbah rumah tangga dan industri. Konsentrasi pH yang rendah dapat mempengaruhi kelarutan logam di perairan. Begitupun dengan kenaikan pH menyebabkan penurunan logam di perairan, karena kenaikan pH dapat mempengaruhi kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air sehingga akan mengendap membentuk lumpur.

Nilai pH sedimen pada umumnya antara 6,5-7 termasuk dalam kategori tanah kualitas sedang (Supratno, 2006). Menurut penelitian Mahmud *et al.*, (2016) pada pH yang netral sedimen akan lebih kuat mengikat logam sehingga ketersediaan logam yang akan diserap oleh akar semakin berkurang. Menurut Miao (2006) pH mempengaruhi reduksi dan oksidasi sedimen, ketika nilai pH meningkat Eh akan meningkat sehingga sedimen mudah mengikat logam.

2. Eh (Potensi Redoks)

Potensial redoks (Eh) adalah proses terjadinya oksidasi yang disertai dengan proses reduksi yang menyebabkan terjadinya pengurangan oksigen (Kohen dan Abraham, 2002). Potensi redoks yang berasal dari sedimen ekosistem mangrove beragam dari satu area ke area lainnya, tergantung dari frekuensi dan durasi penggenangan pasang surut, kandungan bahan organik dalam sedimen, dan

ketersediaan akseptor elektron seperti nitrat, Fe^{3+} , Mn^{4+} dan sulfat. Peningkatan potensial redoks dapat dipengaruhi oleh menurunnya frekuensi dan durasi dari penggenangan pasang dengan potensial redoks tertinggi berada dalam elevasi tertinggi dimana jarang terjadi penggenangan pasang (Adamy, 2009). Potensial redoks dari sedimen mangrove yang jarang melampaui +100mV, dan biasanya lebih rendah. Dalam kondisi tersebut, sedimen tidak mengandung nitrat dan Fe^{2+} karakteristik ini sangat penting dalam proses kimia dari sedimen mangrove (Adamy, 2009).

Semakin rendah Eh mengakibatkan konsentrasi logam Pb di sedimen meningkat sehingga mengurangi ketersediaan logam di akar (Maslukah, 2013). Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 07 (2006), nilai Eh <200 mV menandakan tanah mengalami reduktif, bila nilai Eh >-100 mV menandakan pirit tanah teroksidasi dan bila nilai Eh >200 mV menandakan gambut teroksidasi. Penelitian Werorilangi *et al.*, (2013) mengatakan bahwa pada kondisi Eh yang tereduksi dapat menyebabkan logam Pb berhubungan dengan Fe dan Mn oksida hal ini sejalan dengan tingginya bahan organik total di sedimen. Selain itu nilai potensi redoks yang rendah menunjukkan kurangnya kandungan oksigen di dalam tanah tersebut (anaerob) sehingga tidak dapat digunakan dalam proses dekomposisi (Hasanah *et al.*, 2013).

3. Bahan Organik Total

Bahan organik merupakan salah satu indikator yang dapat menggambarkan kesuburan lingkungan di perairan maupun di darat. Adapun bahan organik total adalah jumlah kandungan bahan organik yang terdapat di sedimen yang berasal dari berbagai sumber seperti sisa-sisa rangka organisme, pecahan batuan dan sebagainya (Sari, 2014).

Kondisi ukuran butir juga dapat mempengaruhi bahan organik di sedimen, semakin halus sedimen semakin tinggi dalam menyerap unsur hara (Marpaung, 2013). Pada sedimen yang halus persentase bahan organik lebih tinggi dari pada dalam sedimen yang kasar. Hal ini berhubungan dengan kondisi lingkungan yang tidak memiliki gelombang dan pasang surut yang tinggi sehingga dapat terjadi pengendapan sedimen yang halus yang disertai penyerapan bahan organiknya tinggi. Oleh karena itu kandungan bahan organik yang tinggi dapat menyebabkan konsentrasi logam di perairan semakin meningkat (Maslukah, 2013).

Sedimen yang memiliki tekstur yang halus dengan kandungan bahan organik yang tinggi menyebabkan konsentrasi logam di perairan lebih besar dibandingkan

dengan sedimen yang memiliki tekstur yang kasar (Huang dan Lin, 2003). Semakin tinggi kandungan bahan organik total (BOT) semakin kuat sedimen dalam mengikat logam, ini dapat disebabkan pada daerah yang ditumbuhi mangrove jenis *A. marina* yang padat dibandingkan dengan daerah yang ditumbuhi jenis mangrove *A. marina* dan *R. mucronata*. sehingga memiliki daun serasah yang lebih tebal (Arifin dan Diani, 2009).

4. Ukuran butir

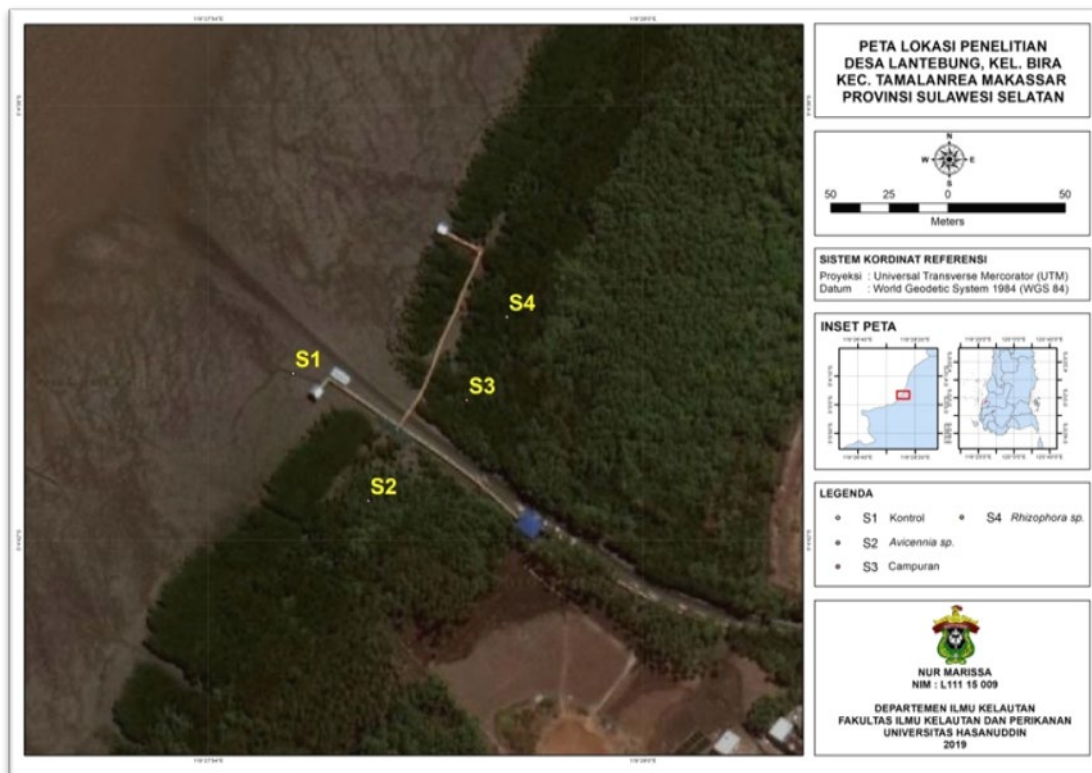
Konsentrasi logam dalam sedimen sangat berkaitan dengan ukuran butir sedimen. Pada umumnya sedimen yang memiliki tekstur yang halus dengan kandungan bahan organik yang tinggi menyebabkan konsentrasi logam di perairan lebih besar dibandingkan dengan sedimen yang memiliki tekstur yang kasar (Huang dan Lin, 2003). Hal ini juga dibuktikan Rochyantun *et al.*, (2006) tekstur atau jenis butir sedimen yang meliputi pasir berlumpur yang memiliki daya absorpsi yang tinggi sehingga kadar logam yang didapat cukup tinggi.

Menurut Wulandari (2018) sedimen yang ditumbuhi mangrove jenis *A. marina* lebih tinggi mengikat logam dibandingkan dengan sedimen yang ditumbuhi jenis *R. mucronata* Maslukah (2013) menyatakan sedimen dapat mempengaruhi peningkatan logam di perairan, semakin halus tekstur sedimen konsentrasi logam semakin meningkat, hal ini disebabkan sedimen yang memiliki tekstur yang halus memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Kedalaman sedimen mempengaruhi konsentrasi logam di perairan. Logam akan menurun pada lapisan sedimen yang tebal dari permukaan (Siaka, 2008). Ini sejalan dengan penelitian Nurhamiddin dan Zam (2013) yang mengatakan semakin bertambah kedalaman semakin menurun konsentrasi logam dalam sedimen.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Juli 2019 bertempat di Lantebung, Kelurahan Bira, Kecamatan Tamalanrea, Makassar (Gambar 1). Analisis parameter lingkungan (BOT) dilakukan di Laboratorium Oseanografi Kimia Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar. Pengukuran parameter Eh dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, Makassar. Preparasi dan analisis kandungan logam Pb sampel akar dan sedimen dilakukan di Laboratorium Pakan Ternak Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin, Makassar.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel.1:

Tabel 1. Alat dan Kegunaannya

No	Alat	Kegunaan
1	GPS (<i>Global Positioning System</i>)	Untuk membuat transek 10 x 10 m
2	<i>Roll</i> meter	Untuk mengukur panjang transek
3	Alat tulis	Untuk mencatat data lapangan/di laboratorium
4	Plastik sampel	Sebagai tempat sampel
5	Label	Label untuk member tanda pada plastik sampel
6	<i>Cool box</i>	Untuk menyimpan sampel
7	pH meter	pH meter untuk mengukur tingkat keasaman sedimen
8	Eh meter	Untuk mengukur potensi redoks
9	Salinometer	Untuk mengukur salinitas
10	<i>sediment corer</i>	Untuk mengambil sedimen
11	Timbangan analitik	Untuk menimbang berat sampel
12	Cawan porselin	Sebagai wadah sedimen yang akan ditimbang
13	Oven	Untuk mengeringkan sedimen
14	Tanur	Digunakan untuk mengabukan sampel sedimen
15	Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)	Untuk mengetahui kandungan logam Pb pada akar dan sedimen.

2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel.2:

Tabel 2. Bahan dan Kegunaannya

No	Bahan	Kegunaan
1	Sampel akar dan sedimen	Sebagai bahan yang akan dianalisis dalam penelitian
2	Aquades	Untuk membersihkan sampel
3	Kertas label	Untuk menandai sampel

C. Prosedur Kerja

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yang dimulai dari tahap persiapan, observasi awal, penentuan stasiun, prosedur kegiatan dan analisis data yang dijabarkan sebagai berikut :

1. Persiapan

Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah studi literatur terkait dengan judul penelitian, konsultasi dengan dosen pembimbing dan melakukan observasi awal pada lokasi yang telah ditentukan untuk mendapatkan gambaran umum tentang lokasi penelitian.

2. Penentuan Stasiun di Lokasi Penelitian

Penentuan stasiun pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*, pada lokasi penelitian ditentukan sebanyak 4 (empat) stasiun dengan luas 10x10 m yaitu stasiun 1 yang tidak terdapat mangrove/kontrol, stasiun 2 terdiri dari mangrove *Avicennia marina*, stasiun 3 yang terdiri dari mangrove campuran *Rhizophora mucronata*. dan *Avicennia marina* dan stasiun 4 yaitu Mangrove *Rhizophora mucronata*. Selanjutnya menentukan 6 titik pada setiap stasiun yang terdapat mangrove untuk pengambilan sampel akar dan sedimen.

3. Pengambilan sampel

Adapun langkah-langkah pengambilan sampel sedimen dan akar sebagai berikut:

a. Akar

Jumlah sampel akar pada setiap stasiun sebanyak 6 pohon mangrove *R. mucronata* dan *A. marina* berukuran sama baik tinggi dan diameternya serta kesehatan visual yang sama ditentukan sebagai objek penelitian. Akar serabut kecil

diambil dari setiap pohon mangrove. Kemudian sampel akar dimasukkan ke dalam *cool box* dan dimasukkan ke dalam *Freezer* setelah sampai di laboratorium sebelum analisis selanjutnya.

b. Sedimen

Pada setiap stasiun sampel sedimen diambil sesuai kedalaman sistem perakaran mangrove yaitu untuk mangrove *A. marina* sepanjang 30 cm dan *R. mucronata*. 25 cm. Substrat/sedimen yang diambil disesuaikan pada sampel akar yang diambil menggunakan *sediment core* kemudian dimasukkan ke dalam plastik sampel untuk pengukuran Eh, ukuran butir, BOT dan logam timbel. Untuk pengukuran parameter pH sedimen dilakukan secara *in situ*.

4. Preparasi Sampel

Akar dipisahkan dari sedimen dan dibilas lagi dengan menggunakan aquades. Masing-masing 2 gram sampel dimasukkan ke dalam tabung digestion block sampel dicampur pada air destilasi sebanyak 0.5 ml untuk menghindari percikan air dan untuk mempermudah reaksi yang cepat dengan asam. Sampel yang telah ditambah air didestruksi dengan 10 ml konsentrasi HNO_3 yang dilakukan pada suhu sekitar 100°C selama kurang lebih 2 jam.

Untuk pengukuran bahan organik total (BOT) sampel sedimen dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 ml, kemudian dikeringkan menggunakan oven selama 2x24 jam/sampel dengan suhu 180°C .

5. Analisis Ukuran Butir Sedimen

Langkah pertama adalah sampel sedimen yang telah dikeringkan 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, 0.0125 mm, 0.063 mm dan <0.063 mm. Selanjutnya data komposisi sedimen berdasarkan ukuran butir diolah dengan menggunakan aplikasi *software* Gradistat 6.0 untuk menentukan jenis sedimen (Blott 2001).

6. Analisis parameter Eh (Potensi Redoks)

Sampel sedimen di timbang sebanyak 5 gram kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur sebanyak 16 ml, selanjutnya di masukkan ke dalam Eh meter.

7. Analisis Bahan Organik Terlarut (BOT)

Analisis bahan organik sedimen dilakukan dengan metode yang digunakan oleh Odum (1998) :

- a. Cawan porselin yang kosong dipanaskan dalam oven selama 1 jam.
- b. Cawan porselin yang kosong ditimbang sebagai berat awal/berat cawan kosong (BCK)
- c. Sedimen yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak kurang lebih 5 g kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselin dan ditimbang sebagai berat sampel (BS)
- d. Cawan porselin yang berisi sampel sedimen sebanyak 5 g dipanaskan dengan menggunakan tanur pada suhu 600°C selama kurang lebih 3 jam.
- e. Sampel sedimen setelah mencapai 3jam dikeluarkan dari tanur cawan porselin kemudian ditimbang sebagai berat akhir/berat sampel setelah pemijaran (BSP).

Selanjutnya kandungan bahan organik yang didapat, dihitung dengan persamaan berikut Odum (1998):

$$\text{Bahan Organik} = \frac{(\text{BCK} + \text{BS}) - \text{BSP}}{\text{BCK} - \text{BS}} \times \text{Berat } 100\%$$

Keterangan : %BOT = Persentase Bahan Organik Sedimen

BCK = Berat Cawan Kosong (g)

BS = Berat Sampel (g)

BSP = Berat Setelah Pemijaran (g)

5. Analisis Logam Pb Pada Akar dan Sedimen

Cawan porselin yang telah bersih dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam kemudian didinginkan menggunakan eksikator selama ½ jam kemudian ditimbang. Sampel akar dan sedimen ditimbang sebanyak 1 gram kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselin. Cawan porselin yang berisi sampel dimasukkan ke dalam tanur untuk menetapkan kadar air sampel dengan suhu 600°C selama 3 jam sampai menjadi abu. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam eksikator selama ½ jam. Untuk penetapan kadar abu ditambahkan 3-5 ml HCl pekat ke dalam cawan porselin kemudian diencerkan menggunakan air suling hingga volume mendekati bibir cawan dan dibiarkan selama 12 jam. Setelah itu dituangkan ke dalam labu ukur 100 ml. Kemudian dibilas dengan air suling lalu dihomogenkan dan disaring menggunakan kertas saring dan diinjeksi menggunakan AAS (*Atomic absorption spektrofotometre*) menggunakan detector flame dengan deteksi limit 0,1 ppm.

D. Analisis Data

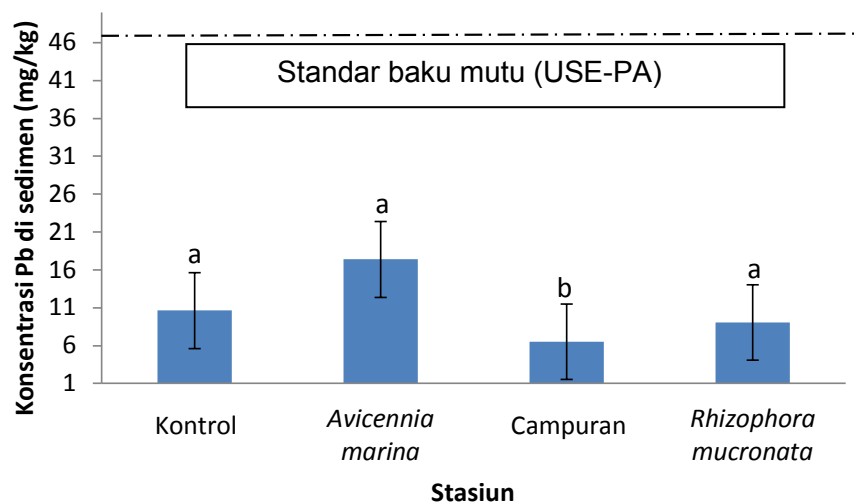
Perbedaan rata-rata konsentrasi logam Pb pada akar mangrove dan sedimen pada jenis yang berbeda dan antar stasiun yang berbeda dianalisis menggunakan menggunakan *OneWay Anova*. Transformasi Ln dilakukan pada data konsentrasi logam pada sedimen yang tidak normal, selanjutnya dilakukan uji Lavene untuk melihat keseragaman varians data, jika varians data homogen maka dilanjutkan dengan uji Duncan. Selanjutnya untuk melihat hubungan antara konsentrasi Pb di akar dan sedimen mangrove yang berbeda, serta parameter sedimen lainnya digunakan analisis) *Pearson correlation*. Penciri stasiun berdasarkan konsentrasi logam di akar, sedimen, serta parameter sedimen dianalisis menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) serta untuk melihat stasiun yang memiliki ciri yang sama dianalisis menggunakan *Cluster Analysis*.

IV. HASIL

A. Konsentrasi Logam Timbel (Pb)

1. Sedimen

Hasil rata-rata konsentrasi logam Pb di sedimen dapat dilihat pada Gambar. 2, Rata-rata konsentrasi logam yang ditemukan berkisar 6,51-17,38 mg/kg dengan konsentrasi rata-rata pada Stasiun 1 (Kontrol/tidak ada mangrove), Stasiun 2 (*Avicennia marina*), Stasiun 3 (Campuran) dan Stasiun 4 (*Rhizophora mucronata*) masing-masing sebesar 10,63 mg/kg, 17,38 mg/kg, 6,51 mg/kg dan 9,07 mg/kg. Dari hasil rata-rata tersebut terlihat bahwa konsentrasi logam tertinggi terdapat di stasiun 2 yaitu sebesar 17,378 mg/kg ($P < 0,05$). Berdasarkan standar baku mutu sedimen untuk logam Pb > 47 mg/kg US-EPA (2006) menunjukkan semua stasiun pengamatan tidak tercemar Pb.

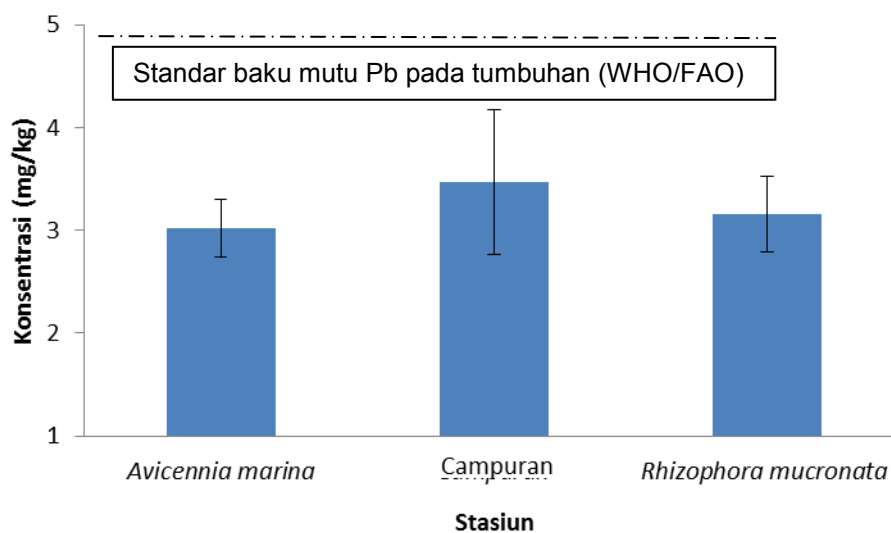


Gambar 2. Grafik rata-rata logam timbel (Pb) di sedimen

Berdasarkan hasil output *Anova* konsentrasi logam timbel (Pb) sedimen pada semua stasiun berbeda nyata ($p < 0,05$) sehingga dilakukan uji lanjut dan hasil uji lanjut menunjukkan bahwa nilai rata-rata konsentrasi logam pada Stasiun 2 (*Avicennia marina*) berbeda nyata dengan Stasiun 3 (Campuran).

2. Akar Mangrove

Hasil rata-rata logam timbel (Pb) di akar dapat dilihat pada Gambar 3, yang menunjukkan bahwa Stasiun 2 (*A. marina*) sebesar 3,02 mg/kg, Stasiun 3 jenis *A. marina* sebesar 3,47 mg/kg dan jenis *R. mucronata* sebesar 3,24 mg/kg dan Stasiun 4 (*R. mucronata*) sebesar 3,15 mg/kg. Adapun kisaran nilai konsentrasi logam sedimen untuk Stasiun 2 (*A. marina*) sebesar 2-4,03 mg/kg, Stasiun 3 (campuran) jenis *A. marina* sebesar 1,65-10,45 mg/kg dan jenis *R. mucronata* sebesar 2,24-5,9 mg/kg, Stasiun 4 (*R. mucronata*) sebesar 1,52-4,19 mg/kg. Dari hasil rata-rata tersebut terlihat bahwa konsentrasi logam tertinggi terdapat di stasiun 3 jenis *A. marina* yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 3,47 mg/kg. Standar baku mutu logam Pb terhadap tumbuhan berdasarkan WHO/FAO (2000), menunjukkan mangrove *A. marina* dan *R. mucronata* tidak tercemar oleh logam Pb.



Gambar 3. Grafik rata-rata konsentrasi logam timbel (Pb) di akar mangrove

Berdasarkan hasil output *OneWay Anova* diketahui konsentrasi logam timbal (Pb) di semua stasiun tidak berbeda nyata ($P > 0,05$).

B. Parameter Fisika-Kimia Sedimen

Hasil pengukuran parameter sedimen yaitu Eh, pH, ukuran butir dan BOT. Berdasarkan hasil yang didapatkan ukuran butir dan parameter sedimen memiliki perbedaan pada setiap stasiun di lokasi penelitian.

Tabel 3. Hasil pengukuran parameter fisika-kimia sedimen

Stasiun	Parameter Sedimen			
	Eh (mV)	pH	Pasir halus (%)	BOT (%)
1	-50.06±1.61	6.75±0.02	30.00±0.93	17.34±0.62
2	-39.41±3.18	6.70±3.18	26.30±0.58	21.51±0.80
3	-38.88±2.98	6.62±2.98	30.40±0.28	19.42±1.08
4	-36.58±2.53	6.5±2.53	27.90±0.70	18.37±1.16

*data disajikan dalam bentuk "mean±SE" (rata-rata dan standar error)

Pada Tabel 3, kisaran nilai Eh antara 36,58-50,06 mV, dimana rata-rata parameter Eh stasiun 1 sebesar -50,06 mV, stasiun 2 sebesar -39,41 mV, stasiun 3 sebesar -38,88 mV dan stasiun 4 sebesar -36,58 mV. Berdasarkan hal tersebut menunjukkan nilai parameter yang paling tinggi terdapat pada stasiun 4 yaitu -36,58 mV dan yang paling rendah terdapat pada stasiun 1 sebesar -50 mV.

Dari hasil penelitian menunjukkan nilai pH pada stasiun 1 sebesar 6,75, stasiun 2 sebesar 6,70, stasiun 3 sebesar 6,62 dan stasiun 4 sebesar 6,5. Adapun kisaran nilai pH pada setiap stasiun sebesar 6,5-6,75 dan nilai pH yang paling tinggi terdapat di stasiun 1 dan yang paling rendah terdapat di stasiun 4. Rendahnya konsentrasi logam di perakaran mangrove juga dapat disebabkan oleh parameter pH sedimen dimana stasiun 1 nilai pH sebesar 6,75, stasiun 2 sebesar 6,70, stasiun 3 sebesar 6,62 dan stasiun 4 sebesar 6,5.

Berdasarkan Tabel 3 persentase pasir halus menggunakan analisis software Gradistat di semua stasiun lebih dari 25 % artinya keempat stasiun memiliki persentase pasir halus yang sama. Stasiun 1 sebesar 30,00 %, stasiun 2 sebesar 26,30 %, stasiun 3 sebesar 30,40 dan stasiun 4 sebesar 27,90 %. Untuk semua stasiun berkisar 26,30-30,40 % dan yang paling tinggi terdapat pada stasiun 3 yaitu sebesar 30,40 % dan yang paling rendah terdapat di stasiun 2 sebesar 26,30 %.

Adapun bahan organik total (BOT) berkisar antara 17,34-21,51 %, dimana persentase rata-rata BOT stasiun 1 sebesar 17,34 %, stasiun 2 sebesar 21,51 %, stasiun 3 sebesar 19,42 %, dan stasiun 4 sebesar 18,37%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa stasiun 2 memiliki nilai rata-rata BOT yang paling tinggi dan stasiun 1 memiliki nilai rata-rata BOT yang paling rendah.

V. PEMBAHASAN

A. Konsentrasi Logam Timbel (Pb)

1. Sedimen

Berdasarkan hasil output *OneWay Anova* terdapat perbedaan rata-rata konsentrasi logam pada setiap stasiun. Konsentrasi logam Pb yang paling tinggi yaitu sebesar 17,37 mg/kg terdapat di stasiun 2 yang hanya terdapat *Avicennia marina* dan yang paling rendah sebesar 6,51 mg/kg terdapat di stasiun 3, yang terdapat campuran *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*. Penelitian ini didukung yang dilakukan Wulandari (2018) bahwa sedimen yang ditumbuhi mangrove jenis *A. marina* lebih tinggi mengikat logam dibandingkan dengan sedimen yang ditumbuhi jenis *R. mucronata*. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi sedimen pada stasiun 2 yang memiliki nilai Eh terendah kedua. Menurut Maslukah (2013) semakin rendah Eh mengakibatkan konsentrasi logam Pb di sedimen meningkat sehingga mengurangi ketersediaan logam di akar. Penelitian Werorilangi *et al.*, (2013) mengatakan bahwa pada kondisi Eh yang tereduksi dapat menyebabkan logam Pb berhubungan dengan Fe dan Mn oksida hal ini sejalan dengan tingginya bahan organik total di sedimen di stasiun 2.

Konsentrasi Pb di sedimen yang ditemukan pada penelitian ini jauh lebih besar dari konsentrasi Pb pada sedimen mangrove *A. marina* di daerah perairan Porong Sidoarjo, Jawa Timur sebesar 0,0622 mg/kg (Harlyan *et al.*, 2015) dan Pb sedimen mangrove jenis *R. mucronata*. yang terdapat di daerah Hutan Mangrove Perairan Kuala Langsa, Aceh sebesar <0.0001 mg/kg (Setyoko *et al.*, 2018). Tingginya logam sedimen mangrove pada lokasi penelitian saat ini dibandingkan di Porong dapat disebabkan karena lokasi Lantebung berada dekat dari pusat perkotaan sehingga logam memungkinkan lebih banyak masuk melalui aliran sungai.

Logam dapat ditemukan dari beberapa sumber antara lain proses tektonik, vulkanik, *up welling*, masukan dari atmosfer dan daratan. Logam yang berasal dari daratan dapat meningkatkan konsentrasi logam berat di perairan, misalnya buangan limbah cair industri (Puspasari, 2006). Sedangkan lokasi penelitian di Lantebung yang berada di Kota Makassar merupakan kawasan mangrove yang selain dijadikan tempat wisata juga merupakan sumber mata pencaharian masyarakat sekitar seperti tempat pemijahan kepiting, udang, dll, terdapat kapal-kapal kecil yang berlalu lalang dan lokasinya tidak terlalu jauh dari pusat perkotaan sehingga memungkinkan logam lebih

banyak masuk di perairan tersebut. Hal ini sejalan dengan pernyataan Akbar *et al.*, (2014) logam dapat berasal dari hasil buangan kota, lokasi pelabuhan, pengecetan dan minyak tumpahan kapal.

Beberapa penelitian menemukan konsentrasi Pb di sedimen mangrove yang lebih tinggi dari penelitian ini. Penelitian Shete *et al.*, (2007) menemukan konsentrasi Pb sedimen di perairan Ghatkopar, Mumbai, India jenis *A. marina* sebesar 51,65 mg/kg dan penelitian Darpi (2017) menemukan konsentrasi Pb di sedimen *R. mucronata* di Dusun Ampallas, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat sebesar 68,62 mg/kg. Tingginya logam Pb di sedimen *A. marina* di perairan Ghatkopar disebabkan karena lokasi tersebut berada di daerah industri kimia. Menurut Kamarati (2018), Pb banyak digunakan dalam kegiatan industri kimia, industri percetakan serta kendaraan bermotor.

Konsentrasi Pb di perairan dapat berasal dari kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian dan buangan industri, namun dari keempat jenis limbah tersebut yang paling banyak mengandung logam yaitu limbah industri, hal ini dikarenakan senyawa logam sering digunakan dalam kegiatan industri sebagai bahan baku (Rochyatun *et al.*, 2006). Hal ini sejalan dengan konsentrasi logam Pb di sedimen *R. mucronata* yang ditemukan di lokasi penelitian Darpi (2017) Dusun Ampallas, Mamuju yang berada di daerah pesisir dengan berbagai aktivitas kapal milik nelayan memungkinkan limbah Pb dihasilkan di daerah tersebut dan juga aktivitas rumah tangga. Sedangkan lokasi penelitian saat ini merupakan merupakan kawasan ekowisata mangrove yang masih berdiri selama kurang lebih dua tahun dan bukan merupakan daerah pertambangan sehingga konsentrasi logam yang ditemukan lebih dibandingkan lokasi penelitian di Gathkopar dan Mamuju.

Akumulasi logam di sedimen selain disebabkan oleh kedekatan dengan sumber, faktor geokimia sedimen juga sangat berpengaruh terhadap tinggi rendahnya akumulasi Pb di sedimen (Darpi, 2017 ; Syahminan, 2015). Beberapa parameter fisik-kimia sedimen seperti Eh, pH, persentasi ukuran butir dan bahan organik total (BOT) sangat berpengaruh pada keterikatan logam pada sedimen (Dewi *et al.*, 2018). Hasil penelitian yang dilakukan saat ini menunjukkan nilai logam pada sedimen masih di bawah standar baku mutu yang dikeluarkan oleh US-EPA (2006) yaitu 47 mg/kg. Sehingga dapat disimpulkan daerah tersebut termasuk kategori tidak tercemar logam Pb.

2. Akar Mangrove

Rata-rata konsentrasi logam pada akar mangrove di semua stasiun berkisar 3,02-3,47 mg/kg (Gambar 3). Walaupun tidak terdapat perbedaan rata-rata konsentrasi Pb pada akar mangrove ($p > 0,5$) akan tetapi terlihat konsentrasi logam Pb tertinggi sebesar 3,69 mg/kg terdeteksi pada akar *A. marina* yang tumbuh berdampingan dengan *R. mucronata* (Stasiun 3, campuran). Penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan Kariada (2013), logam Pb banyak terdeteksi pada akar *A. marina* pada stasiun yang ditumbuhi jenis *A. marina* dan *R. mucronata* dibandingkan stasiun lain yang hanya ditumbuhi masing-masing *A. marina* dan *R. mucronata*. Menurut Abohassan (2013) akar mangrove jenis *A. marina* lambat dalam menyerap logam sehingga menyebabkan logam mengendap di sedimen. Rendahnya logam di akar *A. marina* yang tumbuh soliter juga dapat disebabkan karena Pb merupakan logam non-esensial sehingga tidak terlalu dibutuhkan dalam proses metabolisme dan pertumbuhan (Hamzah dan Agus, 2010).

Tingkat akumulasi logam Pb di akar mangrove berbeda-beda tergantung jenis masing-masing mangrove tersebut (Ali, 2012). Dewi *et al.*, (2018) mengungkapkan bahwa terdapat perbedaan pada penyerapan logam pada akar mangrove *A. marina* dan *R. mucronata*. Perbedaan akumulasi logam tersebut kemungkinan dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan aktivitas fisiologis tumbuhan mangrove dan ketersediaan logam dalam sedimen. Akar menyerap dengan baik logam yang berasal dari sedimen maupun air kemudian terjadi translokasi ke bagian jaringan mangrove lainnya (Kawung *et al.*, 2018). Hal ini sejalan dengan penelitian Siahaan *et al.*, (2013) bahwa mangrove pada umumnya memiliki mekanisme tersendiri dalam mengatasi logam yang masuk ke dalam air, sedimen maupun jaringannya.

Avicennia marina memiliki akar napas (*pneumatophores*) yang dapat menyerap udara melalui sel lentil kemudian diteruskan ke akar yang mampu mengoksidasi endapan anaerob di akar serabut sehingga dapat mengurangi presipitasi sulfida yang menyebabkan logam banyak terserap di akar (Lacerda *et al.*, 1993). Terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat. Dari akar, logam akan ditranslokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin. (MacFarlane *et al.*, 2003). Sedangkan akar *R. mucronata* yang berada di dalam tanah melepaskan oksigen membentuk kepingan besi (*iron plaques*), yang menempel pada permukaan dan mencegah logam dari sedimen untuk memasuki sel-sel akar.

Kemudian pada jaringan akar yang terdapat logam Pb terjadi mekanisme yang menyebabkan logam tidak dapat beredar secara bebas ke dalam tanaman (Kathiresan dan Bingham, 2001). Namun dalam kondisi tertentu akar *R. mucronata* mampu mempertahankan oksigen di akar bahkan dalam keadaan reduksi sehingga penyerapan logam lebih tinggi (Kathiresan dan Bingham, 2001). Hal ini terlihat pada stasiun yang hanya terdapat *R. mucronata* (Stasiun 4) lebih tinggi dari stasiun yang hanya *A. marina* (Stasiun 2).

Berdasarkan perbedaan kemampuan aerasi kedua akar mangrove *A. marina* dan *R. mucronata* (Lacerda *et al.*, 1993; Kathiresan dan Bingham, 2001), maka diasumsikan bahwa jika kedua mangrove ini berdampingan tumbuhnya maka akar *R. mucronata* akan cenderung melepaskan oksigen dalam bentuk kepingan besi yang akan mengikat logam di sedimen tetapi mencegah penyerapan pada akarnya. Ditambahkan dengan kemampuan mengaerasi dari akar *A. marina* yang menyebabkan logam di sedimen sekitar kedua mangrove tersebut akan terlepas dan akan lebih mudah diserap (*bioavailable*) oleh akar *A. marina*

Konsentrasi Pb di akar pada semua stasiun tergolong rendah dan tidak melewati batas standar baku mutu WHO/FAO (2000) yaitu sebesar 5 mg/kg, sehingga dapat disimpulkan tanaman mangrove tersebut tidak tercemar logam Pb. Rendahnya logam di akar pada semua stasiun (Gambar 3) dapat disebabkan karena tingginya logam yang diakumulasi sedimen sehingga *bioavailabilitas* di akar lebih rendah (Kathiresan dan Bingham, 2001). Konsentrasi logam di akar lebih kecil dari sedimen juga dibuktikan dalam penelitian Sanadi (2018) yang dilakukan di daerah Desa Talawaan Bajo Kecamatan Tongkaina, Sulawesi Selatan menunjukkan konsentrasi logam Pb di akar mangrove jenis *A. marina* sebesar 0,043 mg/kg dan di daerah perairan pantai di Tapak Kecamatan Mangkang, Semarang, ditemukan konsentrasi logam Pb di akar sebesar 1,82 mg/kg (Puspita *et al.*, 2013). Hasil dari kedua penelitian tersebut menunjukkan konsentrasi logam di akar mangrove lebih rendah dari standar baku mutu WHO/FAO (2000).

Berbeda dengan penelitian yang dilakukan Samil (2013) di perairan Karangsong, Indramayu, Jawa Barat menunjukkan konsentrasi logam Pb di akar mangrove jenis *A. marina* sebesar 10,83-22,34 mg/kg dan di daerah perairan Muara Angke, Jakarta, ditemukan konsentrasi logam Pb di akar mangrove jenis *R. mucronata* sebesar 53,89 mg/kg (Hamzah dan Agus, 2010). Tingginya konsentrasi logam pada mangrove jenis *A. marina* dan *R. mucronata* dapat disebabkan oleh sumber Pb yang berasal dari

kegiatan industri perkapalan, pelabuhan, limbah rumah tangga serta buangan limbah dari aliran sungai yang terdapat di sekitar perairan. Hasil dari kedua penelitian Hamzah dan Agus (2010) ; Samil (2013) tersebut menunjukkan konsentrasi logam di akar mangrove lebih tinggi dari standar baku mutu WHO/FAO (2000) sehingga dapat disimpulkan tanaman mangrove tersebut tercemar logam Pb.

B. Parameter Fisika-Kimia Sedimen

Potensi redoks merupakan proses terjadinya pengurangan oksigen yang disebabkan oleh adanya oksidasi dan reduksi (Kohen & Abraham, 2002). Dari hasil penelitian yang didapatkan, nilai rata-rata potensi redoks (Eh) tidak berbeda jauh pada masing-masing stasiun yaitu <200 mV yang berarti tanah tersebut mengalami reduksi. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Mustafa (2011) yang menunjukkan bahwa daerah sedimen yang tergenang mengakibatkan nilai Eh negatif yang menunjukkan tanah tersebut tereduksi. Nilai potensi redoks (Eh) pada sedimen mangrove jarang melampaui +100mV dan biasanya lebih rendah. Dalam kondisi ini, sedimen dapat dikatakan tidak mengandung nitrat dan Fe^{2+} (Adamy, 2009). Selain itu nilai potensi redoks yang rendah menunjukkan kurangnya kandungan oksigen di dalam tanah tersebut (anaerob) sehingga tidak dapat digunakan dalam proses dekomposisi (Hasanah *et al.*, 2013).

Menurut peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 07 (2006), nilai Eh <200 mV menandakan tanah mengalami reduktif, bila nilai Eh >-100 mV menandakan pirit tanah teroksidasi dan bila nilai Eh >200 mV menandakan gambut teroksidasi. Berdasarkan hal tersebut dapat artikan bahwa nilai Eh semua stasiun mengalami reduksi. Penelitian Werorilangi *et al.*, (2013) mengatakan bahwa pada kondisi Eh yang tereduksi dapat menyebabkan logam Pb terkait dengan Fe dan Mn oksida hal ini sejalan dengan tingginya bahan organik total di sedimen.

Berdasarkan hasil penelitian nilai pH dari masing-masing stasiun tidak jauh berbeda dan tidak lebih dari 6,75 dimana nilai pH sedimen pada umumnya antara 6,5-7 termasuk dalam kategori tanah kualitas sedang atau netral (Supratno, 2006). Namun jika dilihat pada Tabel 3 nilai rata-rata pH tertinggi terdapat pada stasiun 1 dan 2 sebesar 6,75 dan 6,70. Menurut penelitian Mahmud *et al.*, (2016) pada pH yang netral sedimen akan lebih kuat mengikat logam sehingga ketersediaan logam yang akan diserap oleh akar semakin berkurang.

Menurut Rachmaningrum (2015) keberadaan pH di perairan dapat disebabkan oleh limbah rumah tangga dan industri. Konsentrasi pH yang rendah dapat mempengaruhi kelarutan logam di perairan. Begitupun dengan kenaikan pH menyebabkan penurunan logam di perairan, karena kenaikan pH dapat mempengaruhi kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air sehingga akan mengendap membentuk lumpur.

Hasil rata-rata parameter persentase ukuran butir pasir halus stasiun 1 sebesar 30,00 %, stasiun 2 sebesar 26,30 %, stasiun 3 sebesar 30,40 % dan stasiun 4 sebesar 27,90 %. Dari hasil analisis persentase ukuran butir pasir halus atau pada tiap stasiun tidak jauh berbeda yaitu tidak melebihi 25 %. Menurut Wulandari (2018) jenis sedimen yang memiliki persentase ukuran butir yang lebih kecil lebih kuat dalam menyerap logam dibandingkan dengan ukuran butir yang berpasir kasar. Hal ini juga dibuktikan Rochyantun *et al.*, (2006) tekstur atau jenis butir sedimen yang meliputi pasir berlumpur yang memiliki daya absorpsi yang tinggi sehingga kadar logam yang didapat cukup tinggi. Ukuran butir sangat berpengaruh dalam pengikatan logam pada sedimen. Sedimen yang memiliki ukuran butir yang lebih halus akan lebih kuat dalam mengikat logam, ini dikarenakan ukuran butir sedimen yang lebih halus memiliki luas permukaan yang lebih besar dan memiliki kerapatan ion yang lebih konstan dari ukuran butir sedimen yang lebih lebih besar sehingga lebih kuat mengikat logam (Maslukah, 2013).

Hasil analisis menunjukkan kandungan BOT tertinggi terdapat pada stasiun 2 sebesar 21, 51 % dan kandungan BOT terendah terdapat pada stasiun 1 sebesar 17, 54 %. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi stasiun 2 (*A. marina*) ditumbuhi mangrove jenis *A. marina* yang padat sehingga memiliki serasah yang lebih banyak berjatuhan dapat menyebabkan tingginya kandungan BOT di stasiun tersebut. Hal ini sejalan dengan penelitian Maslukah (2013) bahwa bahan organik total dapat berasal dari sisa-sisa organisme dan daun serasah yang berjatuhan sehingga mengakibatkan sedimen mangrove lebih efektif mengikat logam. Semakin tinggi kandungan BOT semakin kuat sedimen dalam mengikat logam, ini dapat disebabkan pada daerah yang ditumbuhi mangrove jenis *A. marina* yang padat dibandingkan dengan daerah yang ditumbuhi jenis mangrove *A. marina* dan *R. mucronata* sehingga memiliki daun serasah yang lebih tebal (Arifin dan Diani, 2009). Kondisi ukuran butir juga dapat mempengaruhi bahan organik di sedimen, semakin halus sedimen semakin tinggi dalam menyerap unsur hara (Marpaung, 2013).

C. Keterkaitan Parameter Sedimen Terhadap Akumulasi Pada Akar dan Sedimen

Keterkaitan lokasi dan konsentrasi logam Pb pada sedimen dan akar mangrove dengan parameter fisik-kimia sedimen digambarkan dengan menggunakan Analisis Komponen Utama (PCA). Parameter yang dimasukkan dalam analisis adalah parameter yang diduga terkait dengan konsentrasi logam Pb di akar dan sedimen, yaitu bahan organik (BOT), pH, potensi redoks (Eh) dan persen partikel halus sedimen (<0,063 mm).

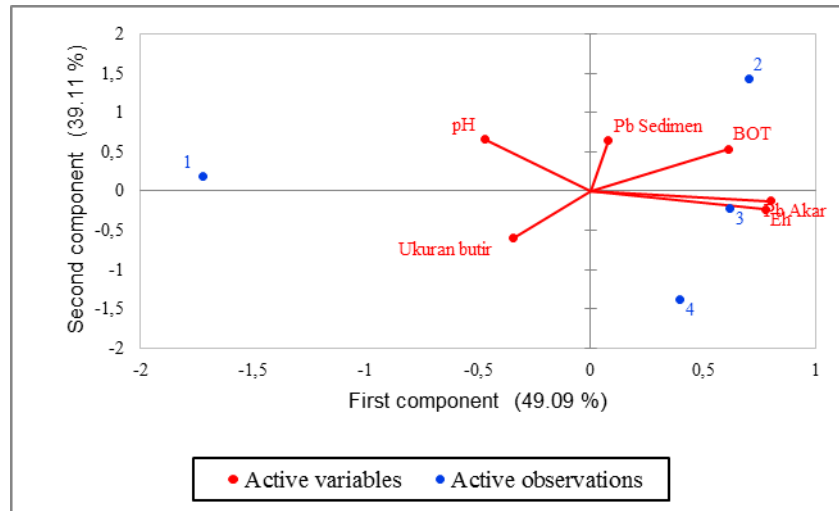
Hasil PCA (Gambar 4) membentuk dua kelompok dimana dua sumbu utama tersebut mampu menjelaskan 88.2 % variasi pada lokasi penelitian. Hasil analisis PCA menunjukkan Stasiun 1 (kontrol/tidak ada mangrove) dicirikan dengan tingginya Ph, rendahnya Eh dan konsentrasi Pb sedimen tertinggi kedua.

Stasiun yang hanya terdapat *A. marina* (Stasiun 2) dicirikan dengan Pb sedimen yang tinggi serta Eh terendah kedua dan tingginya BOT. Eh rendah (reduksi) diduga disebabkan oleh perbedaan aerasi tumbuhan. *A. marina* tidak dapat mempertahankan oksigen disaat keadaan pasang karena memiliki jenis akar napas, namun ketika terjadi surut kondisi sedimen akan teroksidasi (Kathiresan dan Bingham, 2011). Konsentrasi Pb yang tinggi di sedimen pada stasiun 2 terkait dengan kondisi reduksi serta tingginya kandungan bahan organik di sedimen. Hal ini sejalan dengan penelitian Werorilangi *et al.*, 2013 yang menemukan konsentrasi Pb yang tinggi di sedimen terkait dengan Fe dan Mn oksida yang sejalan dengan tingginya bahan organik total sedimen. Menurut Miao (2006) perubahan reduksi oksidasi sedimen mempengaruhi logam di perairan, ketika nilai Eh menurun pH akan meningkat sehingga sedimen mudah mengikat logam.

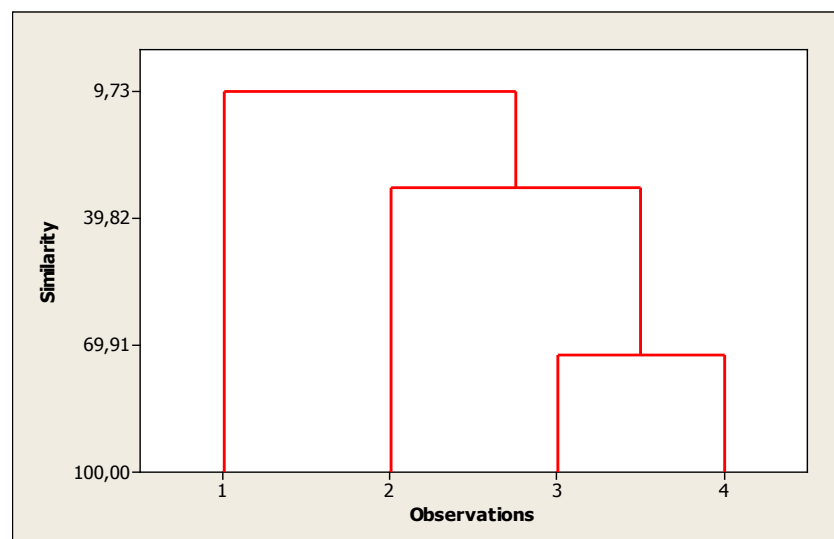
Kandungan bahan organik yang tinggi menyebabkan konsentrasi logam di sedimen lebih besar dibandingkan dengan sedimen yang memiliki tekstur yang kasar (Huang dan Lin, 2003 ; Yang *et al.*, 2007). Semakin tinggi kandungan bahan organik total (BOT) semakin kuat sedimen dalam mengikat logam, ini terlihat pada stasiun 2 ditumbuhi mangrove jenis *A. marina* lebih padat dibandingkan dengan stasiun 3 yang ditumbuhi campuran jenis mangrove *A. marina* dan *R. mucronata* sehingga memiliki daun serasah yang lebih tebal (Arifin dan Diani, 2009).

Stasiun 3 (Campuran) dan 4 (*R. mucronata*) dicirikan dengan Eh dan konsentrasi Pb di akar yang tinggi. Konsentrasi logam pada jaringan mangrove dipengaruhi dengan konsentrasi logam di sedimen (Awaliyah *et al.*, 2018). Semakin

tinggi Eh semakin rendah konsentrasi logam Pb di sedimen sehingga ketersediaan logam (*bioavailibilitas*) di akar semakin meningkat (Maslukah, 2013).



Gambar 4. Hasil analisis PCA konsentrasi logam dan parameter sedimen



Gambar 5. Hasil analisis cluster konsentrasi logam dan parameter sedimen

Kemiripan karakter fisika-kimia sedimen serta keterkaitan dengan logam Pb di akar pada stasiun 3 dan 4 juga dibuktikan dengan Analisis Cluster (Gambar 5) dimana stasiun 3 dan 4 memiliki kemiripan sebesar 71,77 %, stasiun 2 dan 3 memiliki kemiripan 32,41 % dan stasiun 1 dan 2 memiliki kemiripan 10,63 %. Berdasarkan hal tersebut menunjukkan stasiun 3 dan 4 memiliki kemiripan tertinggi dibandingkan stasiun lainnya.

Tabel 4. Hasil *Pearson Correlation* konsentrasi logam di sedimen dan akar mangrove terhadap parameter sedimen

Parameter	Logam akar	Logam sedimen	Eh	pH	Ukuran butir	BOT
Logam akar	1	0.000	0.672**	-0.152	0.066	0.199
Logam sedimen		1	-0.002	0.376*	-0.023	0.125
Eh			1	-0.156	-0.053	0.264
pH				1	-0.122	-0.020
Ukuran butir					1	-0.302
BOT						1

* korelasi nyata pada $\alpha < 0.05$

** korelasi sangat nyata pada $\alpha < 0.01$

Korelasi logam Pb di akar dan sedimen dengan parameter fisika-kimia sedimen juga dianalisis dengan *Pearson Correlation* dan hasil menunjukkan konsentrasi Pb di akar berkorelasi positif dan sangat signifikan dengan nilai Eh di sedimen ($r=0.672$; $p=0.0001$). Sedangkan konsentrasi Pb di sedimen berkorelasi positif dan signifikan dengan pH di sedimen ($r=0.376$; $p= 0.041$).

Werorilangi *et al.*, (2013) mengatakan kondisi Eh yang tereduksi menyebabkan logam berikatan kuat pada sedimen. Hasil penelitian Clark *et al.*, (1998) menunjukkan pada kondisi yang sama menyebabkan ketersediaan logam (*bioavailibilitas*) di akar mangrove *A. marina* berkurang. Hal ini sejalan dengan hasil korelasi pada penelitian ini yang menunjukkan tingginya konsentrasi Pb di akar sejalan dengan kondisi Eh yang meningkat (kondisi oksidasi). Hasil penelitian Darpi (2017) juga menunjukkan semakin tinggi nilai Eh semakin meningkat konsentrasi logam Pb di akar mangrove *R. mucronata*.

Menurut Miao (2006), pH mempengaruhi reduksi dan oksidasi sedimen, ketika nilai pH meningkat Eh akan menurun sehingga sedimen mudah mengikat logam, dalam kondisi tersebut logam akan terikat oleh sedimen dan ketersediaan (*bioavailibilitas*) logam di akar semakin rendah (Kathiresan dan Bingham, 2011).

VI. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Rata-rata konsentrasi logam Pb di sedimen berkisar 6,51-17,37 mg/kg ($p < 0,05$) dinyatakan berbeda nyata dengan konsentrasi logam Pb tertinggi pada stasiun yang hanya terdapat *A. marina* (Stasiun 2) sebesar 17,37 mg/kg. Sedangkan rata-rata konsentrasi yang terdeteksi di akar berkisar 3,02-3,69 mg/kg ($p > 0,05$) dinyatakan tidak berbeda nyata.
2. Terdapat korelasi positif antara logam akar dengan parameter Eh sedimen sedimen ($r=0,672$, $p=0.0001$) serta antara logam Pb pada sedimen dengan parameter pH sedimen ($r=0,376$, $p= 0,041$).

B. Saran

Penelitian selanjutnya sebaiknya membandingkan penyerapan logam esensial dan non-esensial di sedimen dan akar mangrove. Selain itu sebaiknya dilakukan pengukuran parameter seperti pasang surut dan arus sebagai tambahan parameter fisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Abohassan, R.A. 2013. Heavy Metal Pollution in *Avicennia marina* Mangrove Systems on the Red Sea Coast of Saudi Arabia. JKAU: Metal Environment and Arid Land Agric. Sci. Vol. 24, no. 1: 35-53.
- Adamy, K.M.T. 2009. Asosiasi Komunitas Pelecypoda dan Mangrove di Wilayah Pesisir Panimbang Kabupaten Pandeglang Banten (Skripsi). Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. 72 hal.
- Akbar, A.W, A. Daud & A. Mallongi. 2014. Analisis Risiko Lingkungan Logam Berat Cadmium (Cd) Pada Sedimen Air Laut di Wilayah Pesisir Kota Makassar. Bagian Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat). Universitas Hasanuddin.
- Allen, J.A & N.C. Duke. 2006. *Bruguiera gymnorrhiza* (Large-leafed mangrove). Traditional Invasive. Vol. 2, no.1 : 1-15.
- Ali. 2012. Kemampuan Tanaman Mangrove untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb). Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. Vol. 2, no. 2: 28-36.
- Arifin, Z & D. Fadhlina. 2009. Fraksinasi Logam Berat Pb, Cd, Cu dan Zn dalam Sedimen dan Bioavailabilitasnya bagi Biota di Perairan Teluk Jakarta. Ilmu Kelautan. Vol. 14, no. 1: 27-32.
- Arisandy, K.R, E.Y. Herawati & E. Suprayitno. 2012. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan *Avicennia Marina* (Forsk) Vierth dan Perairan Pantai Jawa Timur. Jurnal Penelitian Perikanan. Vol. 1, no. 1: 15-25.
- Awaliyah, H.F, D. Yona & D.C. Pratiwi. 2018. Akumulasi Logam Berat Pb dan Cu pada Akar dan Daun Mangrove *Avicennia marina* di Sungai Lamong, Jawa Timur. Jurnal Ilmu perairan, Pesisir dan Perikanan. Vol. 7, no. 4: 187-197.
- Barutu, H.L., B. Amin & Efriyeldi. 2015. Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn pada *Avicennia marina* di Pesisir Kota Batam Provinsi Kepulauan Riau. Jurnal Online Mahasiswa Universitas Riau. Vol. 2, no. 1: 1-11.
- Bengen, D.G & I.M. Dutton. 2004. Interaction Mangroves, Fishries and Forestry Management in Indonesia. Worldwide Watershed Interactions and Management Blackwell Science. Oxford. 632-653.
- Blott, S.J & K. Pye. 2001. Gradistat : A Grain Distribution and Statistics Package for The Analysis of Unconsolidated Sediments. Earth Surface Processes and Landforms. 1237-1248.
- Ceri, B, I. Lovadi & R. Linda. 2014. Keanekaragaman Jenis Paku-Pakuan (*Pteridophyta*) di Mangrove Muara Sungai Peniti Kecamatan Segedong Kabupaten Pontianak. Jurnal Protobiont. Vol. 3, no. 2: 240-246.

- Chaudhuri, P, B. Nath & G. Birch. 2014. Accumulation of Trace Metals in Grey Mangrove *Avicennia marina* fine Nutritive Root : The Role of Rhizosphere Processes. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 79 : 284-292.
- Clark, M.W, D. McConchie, D.W. Lewis & P. Saenger. 1998. Redox Stratification and Heavy Metal Partitioning in *Avicennia*-dominated Mangrove Sediments: a Geochemical Model. *Chemical Geology*. Elsevier Science. 147-171.
- Darpi, H.A. 2017. Konsentrasi Logam Timbal (Pb) di Sedimen dan Perakaran Mangrove Pada Tingkat Kepadatan Mangrove yang Berbeda di Dusun Ampallas, Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat (Skripsi). Departemen Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas HasanuddinMakassar. 68 hal.
- Dedy, I.K, A. Santoso & Irwani. 2013. Studi Akumulasi Logam Tembaga (Cu) dan Efeknya Terhadap Struktur Akar Mangrove (*Rhizophora mucronata*). *Journal of Marine Research*. Vol. 2, no. 4 : 8-15.
- Dewi, P.K, E.D. Hastuti & R. Budihastuti. 2018. Kemampuan Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Akar Mangrove Jenis *Avicennia marina* (Forsk.) dan *Rhizophora mucronata* (Lamk.) di Lahan Tambak. *Jurnal Akademika Biologi*. Vol. 7, no. 4: 14-19.
- Doyle, M.O & L.O. Marinus. 1997. Organism-Induced Accumulation of Iron, Zinc and Arsenic in Wetland Soils. *Environmental Pollution*. Vol. 96, no. 1: 1-11.
- Fahmi, M.A.F. 2014. Identifikasi Tumbuhan Mangrove di Sungai Tallo Kota Makassar Sulawesi Selatan (Skripsi). Jurusan Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. 80 hal.
- Fernanda. 2012. Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Nikel (Ni), Kromium (Cr) dan Kadmium (Cd) Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) dan Sifat Fraksionasinya pada Sedimen Laut (Skripsi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia. 113 hal.
- Hamzah, F & A. Setiawan. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara Accumulation of Heavy Metals Pb, Cu, and Zn in The Mangrove Forest of Muara Angke, North Jakarta. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol. 2 , no. 2 : 41-52.
- Hanin, N.N.F & R. Pratiwi. 2017. Kandungan Fenolik, Flavonoid dan Aktivitas Aktioksidan Ekstra Daun Paku Laut (*Acrostichum Aureum L.*) Fertil dan Steril. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*. Vol. 2 : 51-56.
- Hasanah, I, P. Widjanarko & M. Musa. 2013. Evaluasi Kelayakan Tambak Tradisional Ditinjau dari Segi Biofisik di Desa Tritunggal Kecamatan Barat Kabupaten Lamongan. *MSPi Student journal*. Universitas Brawijaya. Vol. 1, no. 1: 11-21.
- Harlyan, L.I, D Retnowati, S.H.J. Sari & I. Feni. 2015. Concentration of Heavy Metal (Pb And Cu) in Sediment and Mangrove *Avicennia marina* at Porong River

Estuary Sioarjo East Java. Research Journal of Life Science. Vol. 2 , no. 2 : 124-132.

- Hilmi, E, A.S. Siregar & A.D. Sakti. 2017. Lead (Pb) Distribution on Soil Water and Mangrove Vegetation Matrices in Eastern Part of Segara Anakan Lagoon Cilacap. Omni Akuatika. Vol. 13, no. 2: 25-38.
- Huang, K & S. Lin. 2003. Consequences and Implication of Heavy Metal Spatial Variations in Sediment in the Major Estuarine Mangrove Forest of Terengganu Region Malaysia. Chemosphere. Vol. 53 : 1113–1121.
- Hutagaol, S.N. 2012. Kajian Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (*Perna Viridis*, Linn.) di Perairan Muara Kamal, Provinsi DKI Jakarta. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. 81 hal.
- Idrus, A.A., I.G. Mertha, G. Hadiprayitno & L.M. Ilhamdi. 2014. Kekhasan Morfologi Species Mangrove di Gili Sulat. Jurnal Biologi Tropis. Vol. 14, no. 2: 120-128.
- Ika, Tahril & I. Said. 2012. Analisis Logam Timbal (Pb) dan Besi (Fe) dalam Air Laut di Wilayah Pesisir Pelabuhan Ferry Taipa Kecamatan Palu Utara. Jurnal Akademik Kimia. Vol. 1, no. 4: 181-186.
- Irawan, B, B. Amin & Thamrin. 2015. Analisis Kandungan Logam berat Cu, Pb dan Zn Pada Air, Sedimen dan Bivalvia di perairan Pantai Utara Pulau Bengkalis. Jurusan Ilmu Lingkungan. Dinamika Kimia Lingkungan Indonesia. Vol. 2, no. 1 : 40-51.
- Islam, M.S, M.K. Ahmed, M. Raknuzzaman, M.H.A. Mamun & M.K. Islam. 2015. Heavy Metal Pollution in Surface Water and Sediment: A Preliminary Assessment of an Urban River in a Developing Country. Ecological Indicators. Vol. 48: 282–291.
- Jupriyati, R, N. Soenardjo & C.A. Suryono. 2013. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya Terhadap Histologi Akar Mangrove *Avicennia marina* (Forssk). Vierh. di Perairan Mangunharjo Semarang. Journal of Marine Research. Vol. 3, no.1 : 61-68.
- Kamarati, K.F.A, M.I. M. Ivanhoe & M. Sumaryono. 2018. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Timbal (Pb) dan Mangan (Mn) Pada Air Sungai Santan. Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa. Vol. 4, no. 1 : 49-56.
- Kariada, N, D. Liesnoor & N.K. Dewi, K.D. 2013. Akumulasi Logam Cu Pada *Avicennia marina* di Wilayah Tapak, Tugurejo, Semarang. Jurnal Manusia dan Lingkungan. Vol. 11, no. 2 : 167-178.
- Kathiresan, K & B.L. Bingham. 2001. Biology of Mangroves and Mangrove Ecosystems. Advances in Marine Biology. Vol. 40 : 83-193.

- Kawung, N.R, R.R. Rompas, James, J.J.H. Paulus, M.T. Lasut, H.M. Mantiri & N.D. Rumampuk. 2018. Analisis Akumulasi Kandungan Logam Kadmium Pada Akar dan Daun Mangrove di Perairan Basaan-Belang Kabupaten Minahasa Tenggara dan Likupang Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. Vol. 1. no. 1 : 98-106.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004. Tentang Penetapan Baku Mutu Air Laut.
- Khusni, A.F. 2018. Karakterisasi Morfologi Tumbuhan Mangrove di Pantai Mangkang Mangunharjo dan Desa Bendono Demak Sebagai Sumber Belajar Berbentuk Herbarium Pada Mata Kuliah Sistematika Tumbuhan (Skripsi). Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Walisongo. Semarang. 133 hal.
- Kohen, R & A. Nyska. 2002. Oxidation of Biological Systems: Oxidative Stress Phenomena, Antioxidants, Redox Reactions, and Methods for Their Quantification. Department of Pharmaceutics. Toxicologic Pathology. School of Pharmacy, the Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, Israel. North Carolina 27709, USA. Vol. 30, no. 6 : 620–650.
- Lakitan, B. 2000. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. Jakarta Raja Grafindo.
- Lasibani, S.M & E. Kamal. 2009. Pola Penyebaran Pertumbuhan "Propagul" Mangrove *Rhizophoraceae* di Kawasan Pesisir Sumatera Barat. *Jurnal Mangrove dan Pesisir* .Vol. X, no. 1 : 33-38.
- Lacerda, L.D, C.E.V. Carvalho, K.F. Tanizaki, A.R.C. Ovalle & C.E. Rezende. 1993. The Biogeochemistry and Trace Metals Distribution of Mangrove Rhizospheres. *Biotropica*. Vol. 25, no.3 : 252-257.
- Macfarlane, G.R, A. Pulkownik & M.D. Burchett. 2003. Accumulation and Distribution of Heavy Metals in the grey Mangrove, *Evicennia marina* (Forsk) Vierth : Biological Indication Potential. *Environmental Pollution*, 123, 139-151.
- Maddusa, S. S, M.G. Papatungan, A.R. Syarifuddin, J. Maambuat. & G. Alla. 2017. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg), Zink (Zn) dan Arsen (As) Pada Ikan dan Air Sungai Tondano, Sulawesi Utara. *Public Health Science Journal*. Vol. 9, : 153-159.
- Marpaung, A.A.F. 2013. Keanekaragaman Makrozoobenthos di Ekosistem Mangrove Silvofishery dan Mangrove Alami Kawasan Ekowisata Pantai Boe Kecamatan Galesong Kabupaten Takalar (Skripsi). Program Studi Ilmu Kelautan. Universitas Hasanuddin. 62 hal.
- Marseille, F, C. Tiffereau, A. Laboudigue & P. Lecomte. 2000. Effect of Plant on Heavy Metal Mobility from a Dredged Sediment Deposit. *Greenhouse Study. Agronomie. Agriculture and Environment*. Vol. 20 547–556.
- Memon, A.R, D. Aktoprakligil, A. Ozdemir & A. Vertii. 2001. Heavy Metal Accumulation and Detoxification Mechanisme in Plants. Vol. 25 : 111-121.

- Mulyadi, E, R. Laksmono & D. Aprianti. 2009. Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. Vol. 1 , no. 33-40.
- Maslukah, L. 2013. Hubungan antara Konsentrasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan Bahan Organik dan Ukuran Butir Sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Diponegoro, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*. Vol. 2, : 55-62.
- Mustafa, A., Rachmansyah, & Kamariah. 2011. Karakteristik Tanah di Bawah Tegakan Jenis Vegetasi Mangrove dan Kedalaman Tanah Berbeda Sebagai Indikator Biologis Untuk Tanah Tambak Di Kabupaten Mamuju Provinsi Sulawesi Barat. *Jurnal Riset Akuakultur*. Vol. 6, No. 1: 139-156.
- Miao, S, R.D. Delaune & A. Jungsujinda. 2006. Influence of Sediment Redox Conditions on Release/Solubility of Metals and Nutrient in a Louisiana Mississippi River Deltaic Plain Freshwater Lake. *Science of the Total Environment*. Vol. 24, : 334-343.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2005. Sediment Quality Standard. Departemen of Commerce USA.
- Nasution, S & M. Siska. 2011. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Sedimen dan Siput *Strombus Canarium* di Perairan Pantai Pulau Bintan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol. 5, no. 2: 82-93.
- Nuryani, S.A, S.D. Lestari & A. Baehaki. 2018. Uji Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Teh Daun Daruju (*Acanthus illicifolius*). *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*. Vol. 7 , no. 1: 27-35.
- Nurhamiddin, F & Z.Z. Zam. 2013. Distribusi Konsentrasi Logam Berat (Cu dan Cd) Pada Sedimen Sungai Menggunakan Teknik Diffusive Gradient in Thin Film. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol, 14, no. 2: 107-114.
- Odum, E.P. 1998. Dasar-Dasar Ekologi. Ahlih Bahasa: Samingan, T dan B. Srigandono. Edisi Ketiga Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- Onrizal. 2005. Adaptasi Tumbuhan Mangrove Pada Lingkungan Salin dan Jenur Air. Repository. Universitas Sumatera Utara.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 07 (2006).
- Pramudji. 2001. Ekosistem Hutan Mangrove dan Peranannya Sebagai Habitat Berbagai Fauna Akuatik. Balai Litbang Biologi Laut, Puslit Oseanografi-LIPI, Jakarta. Vol. 26, no. 4 : 13-23.
- Prasad, M.B.K & A.L. Ramanathan. 2008. Sedimentary Nutrient Dynamics in a Tropical Estuarine Mangrove Ecosystem *Jurnal. Estuarine, Coastal and Shelf Science*. Vol. 80 : 60–66.
- Puspasari, 2006. Logam Dalam Ekosistem Perairan. Penelitian Pada Pusat Riset Perikanan Tangkap. Ancol-Jakarta . Vol. 1, no. 2 : 43-47.

- Puspita, A.D, A. Santoso & B. Yulianto. 2013. Studi Akumulasi Logam Timbal (Pb) dan Efeknya Terhadap Kandungan Klorofil Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*. Journal of Marine Research.Vol. 3 , no. 1 : 44-5.
- Rachmaningrum, M, E. Wardhani & K. Pharmawati. 2015. Konsentrasi Logam Berat kadmium (Cd) Pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot-Nanjung. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional. Vol.3, no.1 : 1-11.
- Ramlia, R. Amir & A. Djalla. 2018. Uji Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Wilayah Pesisir Pare-Pare. Jurnal Untuk Manusia dan Kesehatan. Vol. 1, no. 3: 255-264.
- Rochyatun, E, M.T. Kaisupy & A. Rozak. 2006. Distribusi Logam Berat Dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. Makara Sains. Vol. 10 , no.1 : 35-40.
- Samil, C. 2013. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) Pada Pohon Mangrove (*Avicennia marina*) di Perairan Karangsong, Indramayu (Skripsi). Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelutan. Institut Pertanian Bogor. 35 hal.
- Sanadi, T.H, J.N.W. Schaduw, S.O. Tilaar. D. Mantiri, R. Bara & W. Pelle. 2018. Analisis Logam Berat Timbal (Pb) Akar Mangrove di Desa Bahowo dan Desa Talawaan Bajo Kecamatan Tongkaina. Vol. 2 , no. 1 : 9-18.
- Santosa, D, N. Sabila, I.P. Dewi, & L.N. Aini. 2013. Shoot Culture of *Scoparia Dulcis*, *Lindernia Anagalis*, *Lindernia Ciliata* and The Effort of Bioremediation For Heavy-Metal PB, CR, CD. Traditional Medicine Journal. Vol. 18 , no. 1: 29-34.
- Sari, S.H.J, F.A.K. Jessica & Guntur. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Hg dan Cu Terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo. Jurnal Pendidikan Geografi. Vol. 22, no. 1 : 1-8.
- Setiawan, H. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. Jurnal Ilmu Kehutanan. Vol. 7, no. 1: 12-24.
- Setyawan, A.D. dan K. Winarno. 2006. Pemanfaatan Langsung Ekosistem Mangrove di Jawa Tengah dan Penggunaan Lahan di Sekitarnya; Kerusakan dan Upaya Restorasinya. Biodiversitas. Vol. 7, no. 3 : 282-291.
- Setyoko, Indriyati & E.S. Pandia. 2018. Kandungan Logam Berat Pb, Cu dan Zn Pada Tumbuhan *Rhizophora mucronata* dan *Sonneratia alba* di Pesisir Hutan Mangrove Kuala Langsa. Prosiding Seminar Nasional Biologi dan Pembelajaran. Universitas Negeri Medan. 15 hal.
- Senoaji, G & M.F. Hidayat. 2016. Peranan Ekosistem Mangrove di Pesisir Kota Bengkulu dalam Mitigasi Pemanasan Global Melalui Penyimpanan Karbon. Jurnal Manusia dan Lingkungan. Vol. 23, no. 3 : 327-333.
- Shete, A, V.R. Gunale & G.G. Pandit. 2007. Bioaccumulation of Zn and Pb in *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. and *Sonneratia apetala* Buch. Ham . From Urban Areas of Mumbai (Bombay), India. Environ. Manage. Vol. 11 , no. 3 : 109-112.

- Siahaan, B, D.M.H. Mantiri & J.R.T.S.L. Rimper. 2017. Analisis Logam Timbal (Pb) dan Konsentrasi Klorofil Pada Alga *Padina australis* Hauck Dari Perairan Teluk Totok dan Perairan Blongko, Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. Vol. 2, no. 1: 31-37.
- Siaka, I.M. 2008. Korelasi antara Kedalaman Sedimen di Pelabuhan Benoa dan Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cu. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran. Vol. 2, no. 2 : 61-70.
- Sukardjo, S. 1984. Ekosistem Mangrove. *Oseana*. Vol. IX, no. 4 : 102-115.
- Supratno, K.P.T. 2006. Evaluasi Lahan Tambak Wilayah Pesisir Jepara Untuk Pemanfaatan Budidaya Ikan Kerapuh (Tesis). Program Studi Pascasarjana. Universitas Diponegoro. Semarang 2006. 205 hal.
- Supriyantini, E, R. A.T. Nuraini & C.P. Dewi. 2017. Daya Serap Mangrove *Rhizophora* sp. Terhadap Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Mangrove Park, Pekalongan. Vol. 20, no. 1 : 16-24.
- Susmalinda. 2013. Keunikan *Sonneratia* sp si Apel Mangrove. *Wahana Berita Mangrove Indonesia*. 17 hal.
- Syahminan. 2015. Status Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Sedimen di Perairan Dumai Bagian Barat, Riau (Tesis). Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 80 hal.
- Syaikhah, A.Z, F. Idris & A.D. Syakti. 2017. Analisis kandungan logam berat (Cd dan Pb) pada Air Laut dan Sedimen Laut di Perairan Kota Tanjungpinang (Tesis). Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan.
- Testi, E.H, N. Soenardjo & Pramesti. 2019. Logam Pb Pada *Avicennia marina* Forssk, 1844 (Angiosperm : Acanthaceae) di Lingkungan Air, Sedimen di Pesisir Timur Semarang. *Journal of Marine Research*. Vol. 8, no. 2: 211-217.
- Trinanda, O. 2018. Pengaruh Ekstraksi Daun Jeruju (*Acanthus ilicifolius* L.) Terhadap Folikulogenesis Pada Ovarium Mencit (*Mus Musculus* L.) (Skripsi). Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung. Bandarlampung.
- US Environmental Protection Agency (US-EPA), National recommended water quality criteria, Office of Science and Technology (4304T). Wasington D.C. 2006.
- Mahmud, M, F. Lihawa, B. Banteng, F. Desei & Y. Saleh. 2016. Pengaruh Suhu dan Ph Terhadap Konsentrasi Merkuri Di Air dan Sedimen. *Prosiding Seminar Nasional*. 10 hal.
- Wahikun. 2016. Radioaktivitas Pada Perairan Pesisir Cilacap. *Depublish*.
- Weis, J.S & P. Weis. 2004. Metal Uptake, Transport and Release by Werland Plants. Implication For Phytoremediation and Restoration. *Environment International*. Vol.30 : 685-700.

- Werorilangi, S, A. Tahir, A. Noor & M.F. Samawi. 2013. Status Pencemaran dan Potensi Bioavailibilitas Logam di Sedimen Perairan Pantai Kota Makassar. Seminar Nasional Tahunan Jilid II. Manajemen Sumberdaya Perairan. 30 hal.
- Werorilangi, S, M.F. Samawi, Rastina, A. Tahir, A. Faizal & A. Massinai. 2016. Bioavailibility of Pb and Cu in Sediment of Vagetable Seagrass, *Enhalus acoroides* from Spermonde Island Makassar South Sulawesi Indonesia. Research Journal of Environmental Toxicology. Vol. 10 , no. 2 : 126-134.
- WHO (World Health Organization). 2000. Bahaya Bahan Kimia Pada Kesehatan Manusia dan Lingkungan. Terjemahan. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Wulandari, T, R. Budihastuti., E.D. Hastuti. 2018. Kemampuan Akumulasi Timbal (Pb) Pada Akar Mangrove Jenis *Avicennia marina*. (Forsk) dan *Rhizophora mucronata* (Lamk) di Lahan Tambak Mangunharjo Semarang. Jurnal Biologi. Vol. 7 , no.1 : 89-96.
- Yulianto, B, R. Ario & A. Triono. 2006. Daya Serap Rumput Laut (*Gracillaria* sp.) Terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) Sebagai Biofilter. Ilmu Kelautan. Vol. 11 , no. 2 : 72-78.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Pengukuran Logam Timbal (Pb) Sedimen

Stasiun	Substasiun	Logam Pb Sedimen
1 (Kontrol/tidak ada mangrove)	K1	8,69
	K2	23,68
	K3	9,01
	K4	7,99
	K5	8,09
	K6	6,33
2 (<i>Avicennia</i> sp.)	A1	10,62
	A2	7,12
	A3	21,08
	A4	37,59
	A5	19,69
	A6	8,17
3 (Campuran)	C1	10,34
	C2	4,73
	C3	5,01
	C4	2
	C5	7,03
	C6	9,96
4 (<i>Rhizophora</i> sp.)	R1	9,17
	R2	7,49
	R3	8,64
	R4	11,6
	R5	12,32
	R6	5,17

Lampiran 2. Data Hasil Pengukuran Logam Timbal (Pb) Akar

Stasiun		Substasiun	Logam Pb Akar
1 (Kontrol/tidak ada mangrove)		K1	0
		K2	0
		K3	0
		K4	0
		K5	0
		K6	0
2 (<i>Avicennia</i> sp.)		A1	4,03
		A2	2,69
		A3	3,18
		A4	3,39
		A5	2,78
		A6	2,05
3 (Campuran)	<i>Avicennia</i> sp.	AC1	2,67
		AC2	1,65
		AC3	2,25
		AC4	1,94
		AC5	10,45
		AC6	3,2
	<i>Rhizophora</i> sp.	RC1	2,255
		RC2	2,24
		RC3	3,155
		RC4	2,705
		RC5	5,9
		RC6	3,215
4 (<i>Rhizophora</i> sp.)		R1	1,52
		R2	3,4
		R3	3,41
		R4	4,19
		R5	3,57
		R6	2,86

Lampiran 3. Data Hasil Pengukuran pH dan Eh

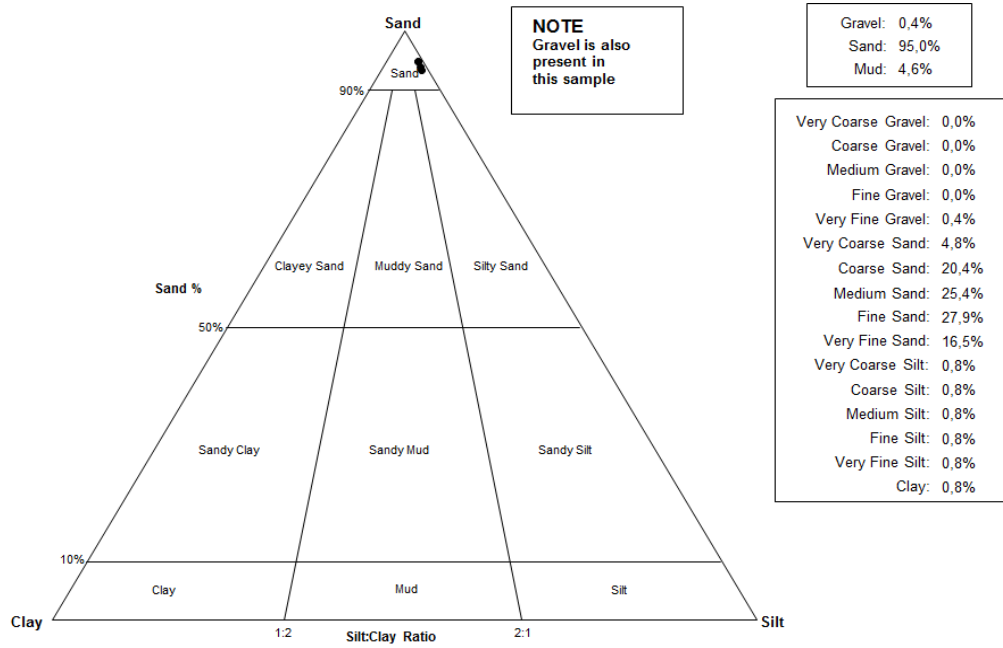
Stasiun	Substasiun	Sedimen	
		pH	Eh
1 (Kontrol/tidak ada mangrove)	K1	6,7	-55,3
	K2	6,8	-51,2
	K3	6,7	-52,7
	K4	6,8	-43,9
	K5	6,7	-48,3
	K6	6,8	-49
2 (<i>Avicennia</i> sp.)	A1	6,7	-49,5
	A2	6,7	-40
	A3	6,8	-46,2
	A4	6,7	-38,2
	A5	6,7	-34,6
	A6	6,6	-28
3 (Campuran)	C1	6,7	-35,8
	C2	6,7	-39,2
	C3	6,5	-45,3
	C4	6,4	-47,5
	C5	6,7	-27
	C6	6,7	-38,5
4 (<i>Rhizophora</i> sp.)	R1	6,6	-47
	R2	6,5	-32,1
	R3	6,2	-33,9
	R4	6,6	-30,8
	R5	6,6	-41
	R6	6,5	-34,7

Lampiran 4. Data Hasil Analisis Gradistat

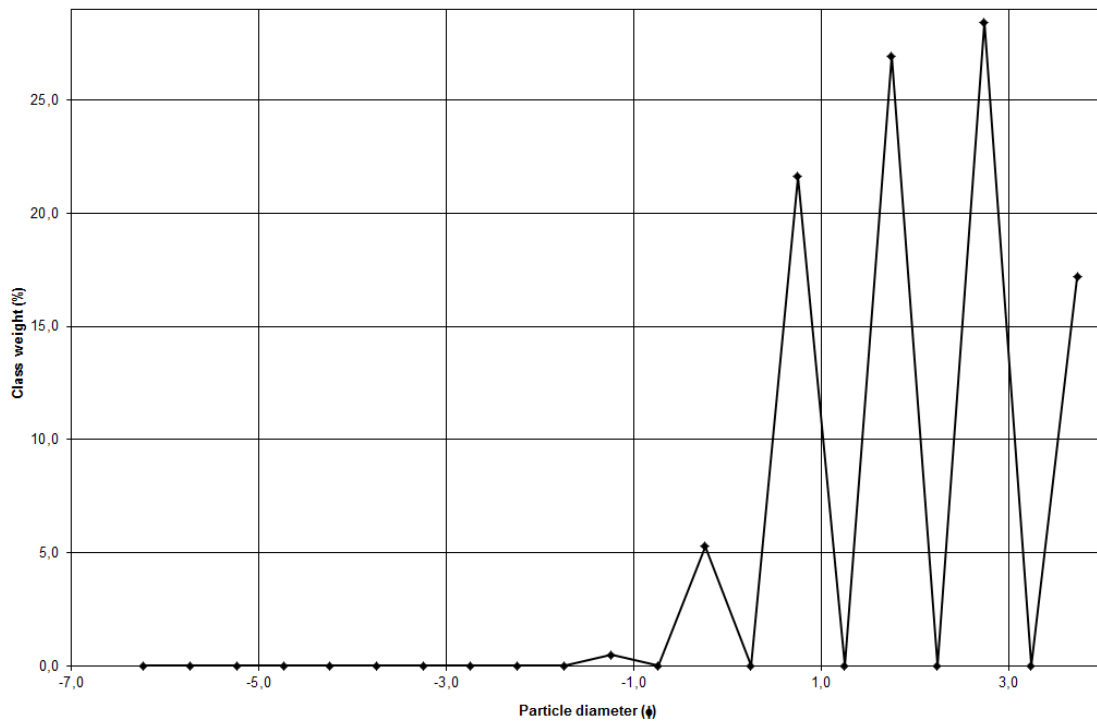
SAMPLE STATISTICS

ANALYST AND DATE:					
SIEVING ERROR:					
SAMPLE TYPE:		Polymodal, Poorly Sorted	Polymodal, Poorly Sorted	Polymodal, Poorly Sorted	Polymodal, Poorly Sorted
TEXTURAL GROUP:		Slightly Gravelly Sand	Slightly Gravelly Sand	Slightly Gravelly Sand	Slightly Gravelly Sand
SEDIMENT NAME:		lightly Very Fine Gravelly Fine Sand	lightly Very Fine Gravelly Medium Sand	lightly Very Fine Gravelly Fine Sand	lightly Very Fine Gravelly Fine Sand
METHOD OF MOMENTS Arithmetic (µm)	MEAN (\bar{x}_n):	328,3	348,3	354,9	324,7
	SORTING (σ_n):	303,4	281,1	306,3	306,5
	SKEWNESS (Sk_n):	2,530	2,049	2,196	2,450
	KURTOSIS (K_n):	13,82	10,35	11,15	12,66
METHOD OF MOMENTS Geometric (µm)	MEAN (\bar{x}_g):	213,3	243,2	240,4	205,9
	SORTING (σ_g):	2,785	2,571	2,638	2,886
	SKEWNESS (Sk_g):	-1,012	-1,243	-1,073	-1,014
	KURTOSIS (K_g):	5,169	6,180	5,666	4,983
METHOD OF MOMENTS Logarithmic (φ)	MEAN (\bar{x}_l):	2,229	2,040	2,056	2,280
	SORTING (σ_l):	1,478	1,362	1,399	1,529
	SKEWNESS (Sk_l):	1,012	1,243	1,073	1,014
	KURTOSIS (K_l):	5,169	6,180	5,666	4,983
FOLK AND WARD METHOD (µm)	MEAN (M_n):	232,9	279,3	277,4	229,3
	SORTING (σ_n):	2,346	2,097	2,239	2,503
	SKEWNESS (Sk_n):	-0,136	-0,108	0,013	-0,075
	KURTOSIS (K_n):	0,726	0,752	0,843	0,844
FOLK AND WARD METHOD (φ)	MEAN (M_ϕ):	2,102	1,840	1,850	2,125
	SORTING (σ_ϕ):	1,230	1,069	1,163	1,323
	SKEWNESS (Sk_ϕ):	0,136	0,108	-0,013	0,075
	KURTOSIS (K_ϕ):	0,726	0,752	0,843	0,844
FOLK AND WARD METHOD (Description)	MEAN:	Fine Sand	Medium Sand	Medium Sand	Fine Sand
	SORTING:	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted	Poorly Sorted
	SKEWNESS:	Fine Skewed	Fine Skewed	Symmetrical	Symmetrical
	KURTOSIS:	Platykurtic	Platykurtic	Platykurtic	Platykurtic
MODE 1 (µm):	152,5	302,5	152,5	152,5	
MODE 2 (µm):	302,5	152,5	302,5	302,5	
MODE 3 (µm):	605,0	605,0	605,0	605,0	
MODE 1 (φ):	2,737	1,747	2,737	2,737	
MODE 2 (φ):	1,747	2,737	1,747	1,747	
MODE 3 (φ):	0,747	0,747	0,747	0,747	
D ₁₀ (µm):	72,64	79,77	79,28	70,81	
D ₅₀ (µm):	253,4	279,9	271,0	253,5	
D ₉₀ (µm):	652,9	657,0	667,3	653,9	
(D ₉₀ / D ₁₀) (µm):	8,988	8,235	8,417	9,235	
(D ₉₀ - D ₁₀) (µm):	580,3	577,2	588,0	583,1	
(D ₇₅ / D ₂₅) (µm):	3,856	3,602	3,786	3,840	
(D ₇₅ - D ₂₅) (µm):	383,7	381,1	398,2	373,7	
D ₁₀ (φ):	0,615	0,606	0,584	0,613	
D ₅₀ (φ):	1,981	1,837	1,884	1,980	
D ₉₀ (φ):	3,783	3,648	3,657	3,820	
(D ₉₀ / D ₁₀) (φ):	6,151	6,019	6,266	6,232	
(D ₉₀ - D ₁₀) (φ):	3,168	3,042	3,073	3,207	
(D ₇₅ / D ₂₅) (φ):	3,052	3,004	3,168	2,971	
(D ₇₅ - D ₂₅) (φ):	1,947	1,849	1,921	1,941	
% GRAVEL:	0,5%	0,2%	0,4%	0,4%	
% SAND:	95,5%	96,8%	96,6%	95,0%	
% MUD:	4,0%	3,0%	3,0%	4,6%	
% V COARSE GRAVEL:	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
% COARSE GRAVEL:	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
% MEDIUM GRAVEL:	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
% FINE GRAVEL:	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
% V FINE GRAVEL:	0,5%	0,2%	0,4%	0,4%	
% V COARSE SAND:	4,1%	4,5%	5,2%	4,8%	
% COARSE SAND:	22,7%	24,0%	25,1%	20,4%	
% MEDIUM SAND:	23,6%	31,5%	25,1%	25,4%	
% FINE SAND:	30,0%	26,3%	30,4%	27,9%	
% V FINE SAND:	15,1%	10,5%	10,8%	16,5%	
% V COARSE SILT:	0,7%	0,5%	0,5%	0,8%	
% COARSE SILT:	0,7%	0,5%	0,5%	0,8%	
% MEDIUM SILT:	0,7%	0,5%	0,5%	0,8%	
% FINE SILT:	0,7%	0,5%	0,5%	0,8%	
% V FINE SILT:	0,7%	0,5%	0,5%	0,8%	
% CLAY:	0,7%	0,5%	0,5%	0,8%	

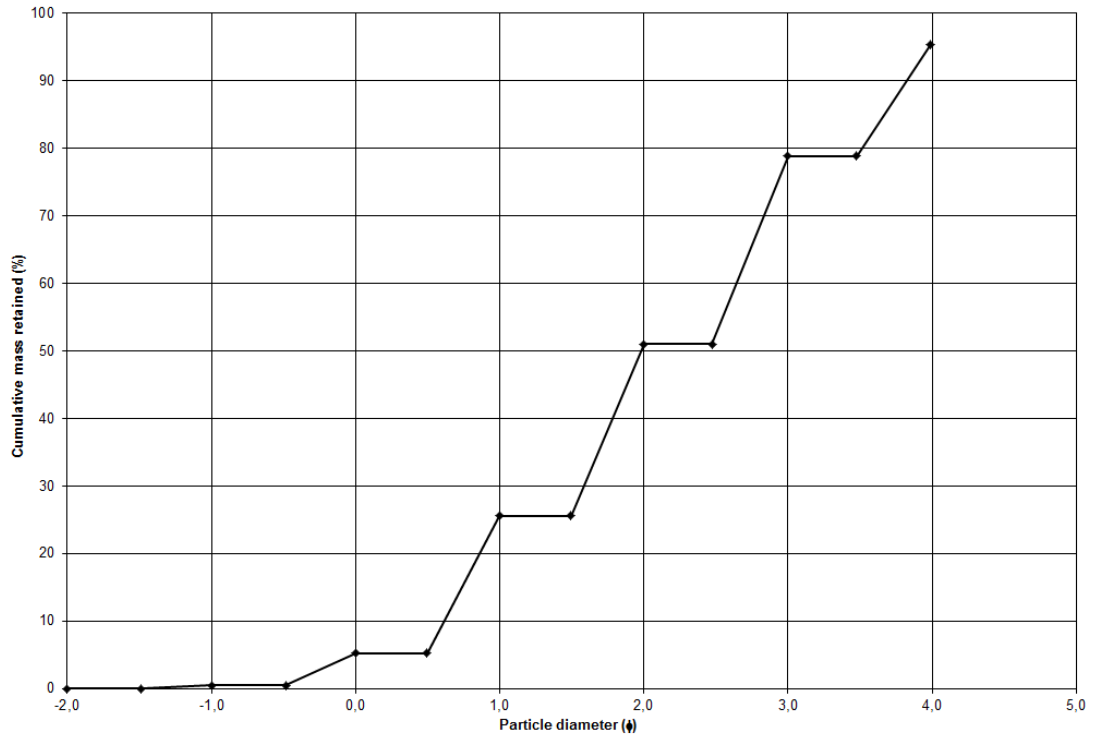
Lampiran 5. Diagram persentase ukuran butir



Lampiran 6. Distribusi phi



Lampiran 7. Cumulative (phi)



Lampiran 8. Data Hasil Pengukuran Bahan Organik Total

Stasiun	B.Cawan kosong (g)	B. Sampel sedimen	B. Sampel + B.Cawan sebelum tanur	B. Sampel + B. Cawan sesudah tanur	BOT (%)
(Kontrol/tidak ada mangrove)	27,08	5,02	32,1	31,219	17,549801
	29,457	5,073	34,53	33,628	17,780406
	25,484	5,067	30,551	29,663	17,525163
	28,12	5,19	33,31	32,328	18,921002
	26,001	5,061	31,062	30,331	14,443786
	30,008	5,019	35,027	34,134	17,792389
2 (<i>Avicennia</i> sp.)	29,825	5,075	34,9	33,852	20,650246
	28,581	5,017	33,598	32,572	20,450468
	31,26	5,046	36,306	35,244	21,046373
	27,067	5,03	32,097	31,002	21,769384
	28,066	5,023	33,089	32,092	19,848696
	29,097	5,067	34,164	32,881	25,320703
3 (Campuran)	28,142	5,047	33,189	32,271	18,189023
	25,775	5,071	30,846	30,04	15,894301
	30,202	5,019	35,221	34,319	17,971708
	29,196	5,072	34,268	33,079	23,442429
	27,652	5,057	32,709	31,657	20,802848
	27,694	5,059	32,753	31,728	20,260921
4 (<i>Rhizophora</i> sp.)	28,682	5,019	33,701	32,867	16,616856
	25,321	5,03	30,351	29,303	20,83499
	25,442	5,037	30,479	29,608	17,292039
	27,381	5,061	32,442	31,608	16,478957
	25,708	5,059	30,767	29,956	16,030836
	31,099	5,58	36,679	35,397	22,97491

Lampiran 9. Data Hasil Uji Statistik *One Way Anova* logam sedimen dan akar

Test of Homogeneity of Variances

Logamsedimen

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.464	3	20	.036

ANOVA

LNsedimen	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.674	3	.891	3.243	.044
Within Groups	5.497	20	.275		
Total	8.170	23			

Multiple Comparisons

Dependent Variable:LNsedimen

	(I) Stasiun	(J) Stasiun	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	Kontrol	Avicennia	-.42367	.30267	.514	-1.2708	.4235
		Campuran	.51599	.30267	.347	-.3312	1.3631
		Rhizophora	.09137	.30267	.990	-.7558	.9385
	Avicennia	Kontrol	.42367	.30267	.514	-.4235	1.2708
		Campuran	.93967*	.30267	.026	.0925	1.7868
		Rhizophora	.51505	.30267	.349	-.3321	1.3622
	Campuran	Kontrol	-.51599	.30267	.347	-1.3631	.3312
		Avicennia	-.93967*	.30267	.026	-1.7868	-.0925
		Rhizophora	-.42462	.30267	.512	-1.2718	.4225
Rhizophora	Kontrol	-.09137	.30267	.990	-.9385	.7558	
	Avicennia	-.51505	.30267	.349	-1.3622	.3321	
	Campuran	.42462	.30267	.512	-.4225	1.2718	
LSD	Kontrol	Avicennia	-.42367	.30267	.177	-1.0550	.2077

	Campuran	.51599	.30267	.104	-.1154	1.1474
	Rhizophora	.09137	.30267	.766	-.5400	.7227
Avicennia	Kontrol	.42367	.30267	.177	-.2077	1.0550
	Campuran	.93967*	.30267	.006	.3083	1.5710
	Rhizophora	.51505	.30267	.104	-.1163	1.1464
Campuran	Kontrol	-.51599	.30267	.104	-1.1474	.1154
	Avicennia	-.93967*	.30267	.006	-1.5710	-.3083
	Rhizophora	-.42462	.30267	.176	-1.0560	.2067
Rhizophora	Kontrol	-.09137	.30267	.766	-.7227	.5400
	Avicennia	-.51505	.30267	.104	-1.1464	.1163
	Campuran	.42462	.30267	.176	-.2067	1.0560

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

Test of Homogeneity of Variances

Logamakar

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.311	3	20	.107

ANOVA

Logamakar					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.581	3	.527	.146	.931
Within Groups	72.203	20	3.610		
Total	73.785	23			

Lampiran 10. Data Hasil Uji Statistik *Pearson Correlation*

Correlations

		Logamakar	Logam sedimen	Eh	pH	Ukuranbutir	BOT
Logamakar	Pearson Correlation	1	.000	.672**	-.152	.066	.199
	Sig. (2-tailed)		.999	.000	.422	.729	.291
	N	30	30	30	30	30	30
Logamsedimen	Pearson Correlation	.000	1	-.002	.376*	-.023	.125
	Sig. (2-tailed)	.999		.991	.041	.904	.510
	N	30	30	30	30	30	30
Eh	Pearson Correlation	.672**	-.002	1	-.156	-.053	.264
	Sig. (2-tailed)	.000	.991		.411	.779	.158
	N	30	30	30	30	30	30
pH	Pearson Correlation	-.152	.376*	-.156	1	-.122	-.020
	Sig. (2-tailed)	.422	.041	.411		.522	.915
	N	30	30	30	30	30	30
Ukuranbutir	Pearson Correlation	.066	-.023	-.053	-.122	1	-.302
	Sig. (2-tailed)	.729	.904	.779	.522		.105
	N	30	30	30	30	30	30
BOT	Pearson Correlation	.199	.125	.264	-.020	-.302	1
	Sig. (2-tailed)	.291	.510	.158	.915	.105	
	N	30	30	30	30	30	30

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Lampiran 11. Pengambilan Sampel (a) Pengambilan Sampel Sedimen (b) Pengambilan Sampel Akar *Avicennia* sp. (c) Pengukuran Eh (d) Pengambilan Sampel *Rhizophora* sp.



Lampiran 12. Preparasi Sampel (a) Memasukkan Sampel Sedimen ke dalam gelas kimia 100 ml (b) Memasukkan Sampel Sedimen ke dalam Oven



Lampiran 13. Analisis Laboratorium (a) Menganyak Sedimen (b) Memasukkan Cawan ke dalam Tanur (d) Pengukuran Eh (c) Analisis Logam menggunakan AAS (Atomic absorption spektrofotometre)



