

**PERBANDINGAN KONSENTRASI LOGAM BERAT (Cr, Cd, Pb)
DALAM AIR DAN KERANG ANTAR EKOSISTEM
SUNGAI, MUARA DAN PANTAI DI PERAIRAN
SUNGAI TALLO MAKASSAR**

TESIS



DESPRI SETYA RUMOEY

4618105006

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
2022**

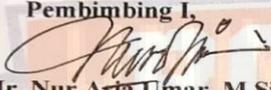
HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul : Perbandingan Konsentrasi Logam Berat (Cd, Cr, Pb) Dalam Air dan Kerang antara Ekosistem Di Perairan Sungai Tallo Makassar
2. Nama Mahasiswa : Despri Setya Rumoev
3. NIM : 4618105006
4. Program Studi : Magister Budidaya Perairan

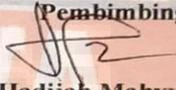
Menyetujui

Komisi Pembimbing

Pembimbing I,

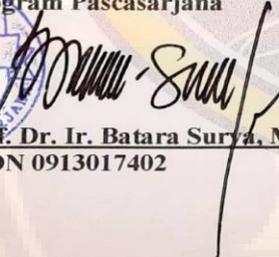

Dr. Ir. Nur Asia Umar, M.Si
NIDN 0007106702

Pembimbing II,


Dr. Ir. Hadijah Mahvuddin, M.Si
NIDN 0911036802

Mengetahui,

Direktur
Program Pascasarjana


Prof. Dr. Ir. Batara Surya, M.Si
NIDN 0913017402

Ketua Program Studi
Magister BDP


Dr. Ir. Sri Mulyani, M.M
NIDN 004066705

Tanggal Pengesahan: 18 Februari 2022

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari/tanggal : Jumat, 18 Februari 2022

Tesis atas nama : Despri Setya Rumoeoy

Nim : 4618105006

Telah diterima oleh Panitia Ujian Tesis Program Pascasarjana untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar magister pada program studi Budidaya Perairan.

PANITIA UJIAN TESIS

Ketua : Dr. Ir. Nur Asia Umar, M.Si

(.....)

Sekretaris : Dr. Ir. Hadijah Mahyuddin, M.Si

(.....)

Anggota Penguji : 1. Dr. Sutia Budi, S.Pi., M.Si

(.....)

2. Dr. Ir. M. Arief Nasution, M.P

(.....)

Makassar, 18 Februari 2022

Direktur



Prof. Dr. Ir. Batara Surya, M.Si

NIDN: 0913017402

PERNYATAAN KEORISINILAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Despri Setya Rumoey

NIM : 4618105006

Program Studi : Budidaya Perairan

Judul Tesis : Perbandingan Konsentrasi Logam Berat (Cr, Cd, Pb) Dalam Air dan Kerang Antar Ekosistem Sungai, Muara dan Pantai di Perairan Sungai Tallo Makassar

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya serahkan ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Makassar, 23 Februari 2022

Berbuat Pernyataan,



Despri Setya. R

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirahim, segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan ridho-Nya, sehingga tesis dengan judul “Perbandingan Konsentrasi Logam Berat (Cd, Cr, Pb) Dalam Air dan Kerang antara Ekosistem Di Perairan Sungai Tallo Makassar” dapat diselesaikan. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Perikanan (M.Si) pada program studi Budidaya Perairan di Universitas Bosowa Makassar.

Pada kesempatan ini juga, tak lupa penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan megaturkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada :

1. Dr. Ir. Nur Asia Umar, M.Si atas waktu, bimbingan serta masukan yang telah diluahkan kepada penulis selama berdiskusi menjadi dosen pembimbing hingga selesainya tesis penelitian ini.
2. Dr. Ir. Hadijah Mahyuddin, M.Si atas waktu, serta bimbingan yang telah diluahkan kepada penulis untuk berdiskusi dan bertukar pikiran dengan baik selama menjadi dosen pembimbing sampai dengan selesainya tesis ini.
3. Dr.Ir. Sri Mulyani, M.M selaku pembimbing akademis dan juga ketua program studi budidaya atas saran dan support untuk berdiskusi dan bertukar pikiran sehingga penulis bisa menyelesaikan tesis ini
4. Seluruh Dosen program Pascasarjana Universitas Bosowa Makassar khususnya Dosen Budidaya Perairan yang telah memberikan ilmu serta bimbingan untuk lebih mendalami ilmu perikanan dalam hal ini budidaya perairan.
5. Ayahanda Yusuf Rumoe, Almh. Mama Siti Rohana dan juga Kakak beserta Adik-adik saya atas segala dukungan dan doanya.
6. Teman-teman Mahasiswa Magister Budidaya 2018, 2019 dan 2020

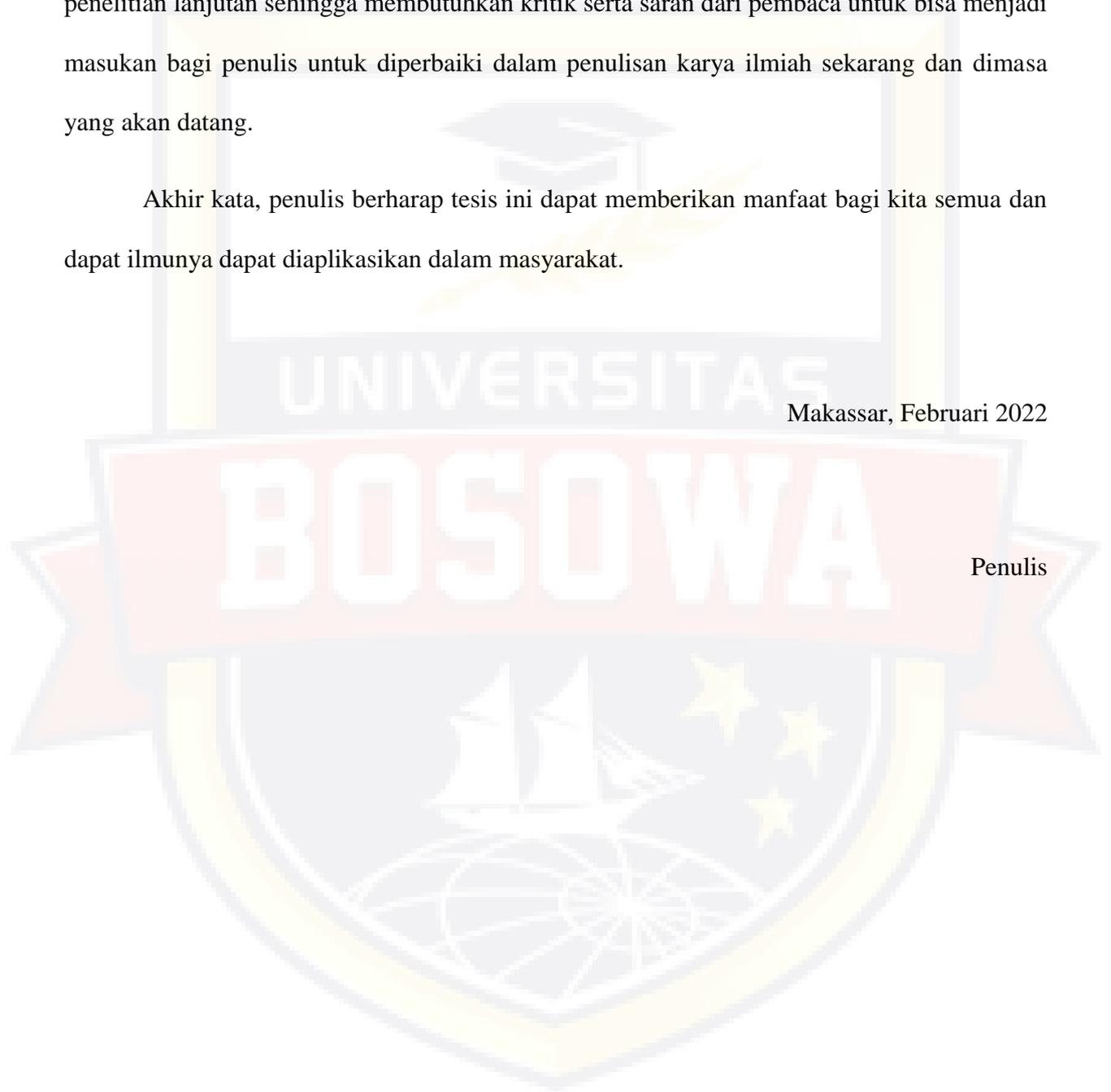
7. Kepada semua pihak yang sudah memberikan support kepada penulis yang tidak dapat penulis ucapkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan dan masih diperlukan penelitian lanjutan sehingga membutuhkan kritik serta saran dari pembaca untuk bisa menjadi masukan bagi penulis untuk diperbaiki dalam penulisan karya ilmiah sekarang dan dimasa yang akan datang.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan dapat ilmunya dapat diaplikasikan dalam masyarakat.

Makassar, Februari 2022

Penulis



ABSTRAK

Despri Setya Rumoeu, Nur Asia Umar, Hadijah Mahyuddin, 2022. Perbandingan Konsentrasi Logam Berat (Cd, Cr, Pb) Dalam Air dan Kerang Antar Eosistem Di Perairan Sungai Tallo Makassar.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan konsentrasi logam berat (Cr, Cd, dan Pb) dalam air dan kerang antar ekosistem di perairan sungai Tallo Makassar pada saat surut dan pasang yang dilaksanakan dari bulan Juni-Agustus 2021. Metode yang digunakan adalah pengambilan sampel berdasarkan tempat yaitu pada saat air pasang dan air surut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Perairan yang tercemar logam berat Pb dan Cr ditiga stasiun yaitu sungai, muara dan pantai dengan nilai Pb = 0.11 mg/L di sungai, Cr = 0.12 mg/L , Pb = 0.13 mg/L di muara dan Cr = 0.11 mg/L di pantai. Kandungan logam berat Pb paling tinggi pada kerang di sungai dengan nilai 3.23 mg/Kg. Parameter lingkungan yang terukur masih dalam kondisi normal. Terdapat plankton sebagai bioindikator perairan dengan spesies yang dapat menyebabkan *blooming plankton* dan juga penyakit untuk biota perairan (ikan) seperti spesies *Prorocentrum. sp* dari kelas Dinoflagellatae.

Kata Kunci : *Perbandingan Logam Berat (Cr, Cd, Pb), Air dan Kerang, Ekosistem, Perairan Sungai Tallo Makassar.*

ABSTRACT

Despri Setya Rumoeu, Nur Asia Umar, Hadijah Mahyuddin, 2021. The Ratio Of Heavy Metal (Cr, Cd, Pb) Concentration In Water And Shells Between River Ecosytem, Estuary And Beach In The Waters Of Tallo River, Makassar. This study aims to determine analysis of the heavy metal content (Cr, Cd and Pb) on the waters of Tallo river in various habitats (river, estuary, beaches) at high and low tide, two months from Juny to August 2021. The method used is sampling by place of high and low tide. The result showed there is plankton as a bioindicator of waters with the type of species cause of plankton blooms and diseases in aquatic organism (fish) such as *Prorocentrum sp* the Diniflagellatae. Environmental parameters of the Tallo waters in normal condition. Waters of the contaminants by heavy metal (Cr dan Pb) at three stasions are rivers, estuary and beaches with range Pb = 0.11 mg/L on the river, Cr = 0.12 mg/L , Pb = 0.13 mg/L on the estuary and Cr = 0.11 mg/L on the beaches. The highest heavy metal (Pb) content in shellfish with a range of 3.23 mg/Kg.

Key Word : *Ratio Of Heavy Metal (Cr, Cd, Pb), Water and Shells, Ecosystem, Waters Of Tallo River, Makassar.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
PERNYATAAN KEORISINILAN	iv
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Deskripsi Teori	6
2.1 Logam Berat	6
2.2 Jenis Logam Berat	8
2.2.1 <i>Kadmium (Cd)</i>	8
2.2.2 <i>Timbal (Pb)</i>	9
2.2.3 <i>Chromium (Cr)</i>	10
2.3 Kerang – kerangan	11
2.3.1 Habitat Kerang	13
2.3.2 Kebiasaan Makan Kerang	14
2.3.3 Siklus Hidup Kerang	14
2.3.4 Jenis Substrat pada Kerang	15
2.3.5 Parameter Kualitas Air pada Kerang	16
2.4 Kualitas Air	16
B. Kerangka Berpikir	18

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	20
3.3 Metode Penelitian	21
3.3.1 Pengambilan Sampel Air dan Sampel Kerang	21
Pengambilan Sampel Air dan Analisis	21
Pengambilan Sampel Kerang	22
3.3.2 Pengukuran Parameter Lingkungan	22
Suhu	22
Salinitas	23
pH (Derajat Keasaman)	23
Kecepatan Arus	23
Kecerahan	23
BOT (Bahan Organik Terlarut)	24
Plankton	24
3.3.3 Pemeriksaan Sampel Penelitian	25
3.4 Analisis Data	25

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kandungan Logam Berat Pada Kerang dan Air	26
Kandungan Logam Berat Pada Air	26
Kandungan Logam Berat Pada Kerang	30
4.2 Parameter Lingkungan	32
Suhu	32
Salinitas	34
pH (Derajat Keasaman)	36
Kecepatan Arus	38
Kecerahan	40
Bahan Organik Total (BOT)	42
4.3 Karakteristik Lokasi Penelitian	44
4.4 Komposisi Plankton	46
Hasil Analisis Correnspondence Analysis (CA)	48

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan 52
5.2 Saran 53

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
1	Morfologi dan Anatomi Bivalvia	12
2	Daur Hidup Bivalvia	15
3	Kerangka Pikir Penelitian	18
4	Stasiun Lokasi Penelitian	19
5	Hasil Pengukuran Logam Berat pada Air ditiga Stasiun (Pasang)	26
6	Hasil Pengukuran Logam Berat pada Air ditiga Stasiun (Surut)	26
7	Kerang di Perairan Sungai Tallo Makassar	30
8	Hasil Pengukuran Logam Berat pada Kerang	30
9	Rata-rata Hasil Pengukuran Suhu ditiga Stasiun	32
10	Rata-rata Hasil Pengukuran Salinitas ditiga Stasiun	35
11	Rata-rata Hasil Pengukuran pH (Derajat Keasaman) ditiga Stasiun	36
12	Rata-rata Hasil Pengukuran Kecepatan Arus ditiga Stasiun	39
13	Rata-rata Hasil Pengukuran Kecerahan ditiga Stasiun	41
14	Rata-rata Hasil Pengukuran BOT ditiga Stasiun	42
15	Plot Observasi dan Variabel pada sumbu utama pertama dan kedua	45
16	Plot Observasi Sebaran Plankton pada Sumbu Utama Pertama dan Kedua	49

DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
1	Alat dan Bahan	20
2	Kandungan Logam Berat di Perairan Pada Saat Pasang	27
3	Kandungan Logam Berat di Perairan Pada Saat Surut	27
4	Kandungan Logam Berat Pada Kerang	31
5	Suhu Pada Saat Pasang dan Surut	33
6	Salinitas Pada Saat Pasang dan Surut	35
7	pH (Derajat Keasaman) Pada Saat Pasang dan Surut	37
8	Kecepatan Arus Pada Saat Pasang dan Surut	39
9	Kecerahan Pada Saat Pasang dan Surut	41
10	BOT (Bahan Organik Terlarut) Pada Saat Pasang dan Surut	43

UNIVERSITAS
BOSOWA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran air yang paling berbahaya bagi kesehatan manusia ialah logam berat, dimana WHO (World Health Organization) atau Organisasi Kesehatan Dunia serta FAO (Food Agriculture Organization) atau Organisasi Pangan Dunia merekomendasikan untuk tidak mengonsumsi organisme laut yang tercemar logam berat. Logam berat sudah lama dikenal dan banyak diketahui sebagai suatu elemen yang memiliki daya racun dan memiliki kemampuan terakumulasi dalam organ tubuh manusia, hingga mengakibatkan kematian (Nur. F, 2015).

Konsentrasi logam berat yang tinggi dapat terakumulasi pada beberapa jenis organisme perairan, salah satunya ikan dan kerang. Proses awal biasanya terjadi dengan penumpukan logam berat pada tubuh organisme dan dalam jangka waktu yang panjang, sehingga terjadi akumulasi logam berat yang melebihi batas toleransi dari organisme tersebut sehingga hal ini dapat menjadi salah satu penyebab kematian pada organisme di perairan. Peningkatan kadar logam berat dalam air akan mengakibatkan logam berat yang pada mulanya dibutuhkan untuk proses metabolisme, berubah menjadi racun bagi biota di perairan. Selain bersifat toksik, logam berat juga akan terakumulasi melalui proses gravitasi, biokonsentrasi, bioakumulasi oleh biota air (Muslim. B, 2018).

Salah satu jenis logam berat yang bersifat toksik adalah kadmium (Cd) dan timbal (Pb), dimana logam berat ini sangat berbahaya karena tidak dapat dihancurkan (non degradable) oleh organisme hidup dan dapat terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap didasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik (Mohamed dkk, 2016).

Kota Makassar adalah salah satu kota besar di Indonesia yang berada di pulau Sulawesi Selatan serta ibu kota Provinsi Sulawesi Selatan. Daerah Makassar memiliki beberapa sungai atau anak sungai yang semuanya mengalir ke Selat Makassar dan salah satu sungai yang berada di Makassar yaitu Sungai Tallo. Terdapat beberapa pemukiman warga, industri PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap), industri pabrik tripleks, pertambakan dan pertanian, dan sekaligus daerah mata pencaharian bagi nelayan sekitar bantaran Sungai Tallo. Beberapa industri atau perusahaan yang tidak menjaga lingkungan atau kawasan disekitar perairan sungai Tallo membuang limbah hasil produksi sebagai akibatnya berpotensi menyebabkan Sungai Tallo tercemar oleh limbah-limbah industri serta logam berat (Muslim. B, 2018).

Telah terdapat banyak penelitian yang dilakukan untuk menganalisis kandungan logam berat di perairan sungai Tallo Makassar tetapi terbatas hanya pada satu kawasan atau habitat saja diantaranya penelitian Kalsum (2016) bahwa di perairan Sungai Tallo pada parameter logam berat kadmium (Cd) dan krom (Cr) yang dilakukan pada tiga titik pengambilan sampel ikan, diperoleh pada titik pertama yang terdapat kandungan kadmium (Cd) dan krom (Cr) dengan konsentrasi yaitu : 0,217 ppm dan 0,146 ppm, dititik kedua dengan konsentrasi yaitu 0,143 ppm dan tt (tidak terdeteksi) dan dititik ketiga dengan konsentrasi 0,064 ppm dan tt (tidak terdeteksi). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan kadmium (Cd) dan krom (Cr) melewati standar baku mutu atau ambang batas yang ditetapkan berdasarkan PP No.28/Tahun 2001, yaitu kandungan kadmium (Cd) dan krom (Cr) tidak melebihi dari 0,001 ppm pada suatu perairan. Maka kandungan kadmium (Cd) dan krom (Cr) pada ikan yang berasal dari Sungai Tallo telah melebihi ambang batas dari standar baku mutu yang telah ditetapkan sesuai dengan peraturan (Ummi Kalsum, 2016).

Sungai Tallo juga dimanfaatkan secara maksimal sebagai sarana transportasi air, pariwisata, sumber air untuk kebutuhan SDM dan budidaya perikanan yang dimana akan menjadi perhatian khusus dalam penempatan zona budidaya perikanan dan zona tangkap disekitar muara Sungai Tallo. Pencemaran Sungai Tallo pada umumnya berasal dari berbagai sumber, utamanya dari pemukiman warga sekitar dan juga perusahaan yang membuang limbahnya ke sungai (Hidayat & Ana, 2018).

Berdasarkan uraian diatas, maka dianggap perlu untuk melakukan suatu penelitian yaitu membandingkan konsentrasi logam berat (Cd, Cr, Pb) dalam air dan kerang antar ekosistem sunngai, muara dan pantai agar memperoleh informasi secara keseluruhan tentang kandungan logam berat (Cd, Cr, Pb) di air dan kerang antar ekosistem pada perairan sungai Tallo Makassar.

1.2 Rumusan Masalah

Tercemarnya suatu perairan oleh logam berat dikarenakan limbah dari perusahaan disekitar sungai, limbah rumah tangga dari sekitar pemukiman warga dan limbah pertanian. Logam berat pada perairan berdampak buruk bagi biota di perairan dan juga manusia yang mengkonsumsi biota tersebut. Konsentrasi kandungan logam berat yang semakin banyak terakumulasi akan menumpuk dalam sel organisme dan dapat menyebabkan kematian. Sungai Tallo merupakan anak sungai yang mengalir ke selat Makassar dan merupakan sungai yang paling banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitarnya. Pertambahan penduduk yang cukup padat, berdirinya beberapa industri disekitarnya adalah penyebab tingginya kandungan logam berat, sehingga rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- Bagaimana perbandingan konsentrasi logam berat ?

- Parameter-parameter apa saja yang berpotensi menyebabkan pencemaran logam berat (Cd, Cr, Pb) di perairan sungai Tallo Makassar.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- ❖ Menganalisis konsentrasi kandungan logam berat (Cr, Cd, Pb) dalam air dan kerang antara ekosistem sungai, muara dan pantai di perairan sungai Tallo Makassar.
- ❖ Mengukur beberapa parameter kualitas air yang berpotensi menyebabkan pencemaran logam berat (Cd, Cr, Pb)
- ❖ Mengidentifikasi plankton sebagai bioindikator terjadinya pencemaran di perairan sungai Tallo Makassar

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui kandungan logam berat jenis kadmium (Cd), timbal (Pb) dan krom (Cr) yang terdapat pada air dan kerang sehingga bisa menjadi informasi kepada masyarakat yang berada disekitar Sungai Tallo dampak negatif dan positif untuk penggunaan air sungai dan biota di perairan tersebut baik untuk konsumsi ataupun kegiatan budidaya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Deskripsi Teori

2.1 Logam Berat

Logam berat merupakan kelompok logam berat yang non-essensial yang tidak mempunyai fungsi sama sekali dalam tubuh dan sangat berbahaya sehingga dapat menyebabkan keracunan pada manusia, diantaranya adalah timbal (Pb), merkuri (Hg), arsenik (As) dan kadmium (Cd) (Agustina, 2010). Logam berat mempunyai sifat mudah mengikat bahan organik, mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibanding dalam air (Harahap, 2007).

Salah satu pencemaran lingkungan perairan adalah akibat kontaminasi limbah dari pabrik dan pemukiman warga yang bertempat tinggal disekitar perairan yaitu logam berat. Logam berat yang sering kali ikut terbuang bersamaan dengan limbah pabrik adalah timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), arsen (As), timah (Ni), krom (Cr), tembaga (Cu), seng (Zn) dan lain sebagainya (Taftazani, 2005; Rochyatun dkk, 2006; Priyanto dkk, 2008; dan Supenah dkk, 2008). Logam berat kadmium (Cd) dan krom (Cr) jenis logam yang banyak ditemukan di perairan (Borkar *et al.* , 2006).

Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya karena logam berat tidak dapat dihancurkan (non degradable) oleh organisme hidup di lingkungan dan terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap didasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara absorpsi dan kombinasi. Biota air yang hidup dalam perairan yang tercemar logam berat, dapat mengakumulasi logam berat tersebut pada jaringan tubuhnya. Makin tinggi

kandungan logam dalam perairan akan semakin tinggi pula kandungan yang terakumulasi dalam tubuh organisme tersebut (Karet *et al*, 2008).

Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar perairan. Keberadaan logam-logam ini sangat berbahaya, meskipun dalam jumlah yang kecil. Menurut Sutamihardja (2006), sifat logam berat yang dapat membahayakan lingkungan dan manusia adalah :

- ✚ Logam berat sulit didegradasi, sehingga cenderung akan terakumulasi pada lingkungan.
- ✚ Logam berat dapat terakumulasi dalam tubuh organisme dan konsentrasi dapat semakin tinggi, atau dapat mengalami bioakumulasi dan biomagnifikasi
- ✚ Logam berat mudah terakumulasi pada sedimen, sehingga konsentrasi selalu lebih tinggi daripada konsentrasi logam dalam air.

Logam berat merupakan zat yang beracun serta umumnya bersifat karsinogenik. Oleh karena itu pengolahan dan penghilangan logam berat di perairan sangatlah diperlukan (Kurniasari dkk, 2012).

2.2 Jenis Logam Berat

2.2.1 Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) ialah logam berat non-essensial yang bersifat sangat toksik. Akumulasi kadmium (Cd) dalam tubuh organisme termasuk manusia dapat menimbulkan keracunan, gangguan kesehatan dan gangguan kronik pada manusia sampai kematian. Kadar maksimum kadmium (Cd) yang diperbolehkan di perairan adalah 0,01 mg/L (PP No.28 Tahun 2001, Tentang Kualitas Air). Kadmium dan senyawanya sangat larut dalam air dibandingkan dengan logam lain. Bioavailabilitas mereka sangat tinggi dan karena itu cenderung bioakumulasi. Paparan jangka panjang untuk kadmium (Cd) dapat

mengakibatkan perubahan morphopathological pada ginjal (Mudgal et.al, 2010). Kadmium berinteraksi melalui nutrisi yang mengakibatkan efek toksisitas. Analisis eksperimental pada hewan telah menunjukkan 50% dari kadmium (Cd) akan diserap oleh paru-paru serta sisanya dalam saluran pencernaan (Henson & Chedrese, 2004).

Kadmium (Cd) memiliki sifat toksik paling tinggi dimana logam berat ini termasuk dalam limbah B3 yang berbahaya dan sulit mengalami degradasi akibatnya dapat bertahan lama dalam perairan kemudia penyusun terbesar dari bentuknya sedimen, partikulat tersebut berpotensi sebagai sumber polusi sekunder kolom air (Paramita dkk, 2017). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 perihal Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air , bahwa standar baku mutu untuk kadmium (Cd) ialah kelas I : 0,01 mg/L , kelas II : 0,01 mg/L , kelas III : 0,01 mg/L dan kelas IV : 0,01 mg/L. Sedangkan batas maksimum cemaran logam berat pada pangan menurut SNI (Standar Nasional Indonesia) di kerang-kerangan (Bivalvia) adalah 1,0 mg/kg.

2.2.2 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) termasuk pada logam berat yang beracun dan berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup. Limbah timbal (Pb) dapat masuk ke badan perairan secara alamiah yakni dengan pengkristalan timbal (Pb) di udara dengan bantuan air hujan. Penggunaan timbal (Pb) dalam skala yang besar dapat menyebabkan polusi baik di daratan maupun perairan. Logam timbal (Pb) yang masuk kedalam perairan sebagai dampak dari aktifitas manusia dapat membentuk air buangan atau limbah dan selanjutnya akan mengalami pengendapan yang dikenal dengan istilah sedimen. Tingginya kandungan timbal (Pb) dalam sedimen akan mengakibatkan biota air tercemar seperti

ikan, udang dan kerang, dimana biota tersebut hidup di dasar perairan dan apabila dikonsumsi akan berbahaya bagi kesehatan.

Terjadinya suatu perubahan dalam perairan akan menimbulkan dampak bagi organisme yang hidup didalamnya, adanya logam berat di perairan sangat berbahaya secara langsung terhadap kehidupan biota perairan yang selanjutnya mempengaruhi secara tidak langsung kehidupan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat logam yang sulit didegradasi sehingga terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit dihilangkan. Logam berat ini dapat terakumulasi dalam biota perairan seperti kerang, ikan, serta sedimen (Agustina, 2010). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Tahun 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, bahwa standar baku mutu untuk timbal (Pb) adalah kelas I : 0,03 mg/L, kelas II : 0,03 mg/L, kelas III : 0,03 mg/L dan kelas IV : 1 mg/L. Sedangkan batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan menurut SNI (Standar Nasional Indonesia) pada kerang-kerang (*Bivalvia*) adalah 1,5 mg/kg.

2.2.3. Chromium (Cr)

Kromium dalam perairan melalui rantai makanan dapat terdeposit pada bagian tubuh makhluk hidup yang pada suatu ukuran tertentu bisa menyebabkan racun (Mulyani, 2004). Apabila masuk kedalam sel, dapat menyebabkan kerusakan struktur DNA hingga terjadi mutasi (Larashati, 2004). Terakumulasi krom (Cr) dalam jumlah besar di tubuh manusia jelas-jelas mengganggu kesehatan karena krom memiliki dampak negatif terhadap organ hati, ginjal serta bersifat racun bagi protoplasma makhluk hidup. Selain itu juga bersifat karsinogen (penyebab kanker), teratogen (menghambat pertumbuhan janin) dan mutagen (Schiavon et al., 2008).

Krom (Cr) yang menumpuk dalam tubuh dan bersifat kronis yang akhirnya mengakibatkan kematian organisme (Palar, 2008). Akumulasi logam berat krom (Cr) dapat menyebabkan kerusakan terhadap organ respirasi dan bisa pula menyebabkan timbulnya kanker pada manusia (Suprpti, 2008). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Tahun 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, bahwa standar baku mutu untuk kadmium (Cr) ialah kelas I : 0,05 mg/L, kelas II : 0,05 mg/L, kelas III : 0,05 mg/L dan kelas IV : 0,01 mg/L. Menurut Food Adulteration (Metallic Contamination) Hong Kong (2007), bahwa standar kandungan logam berat krom (Cr) di kerang yaitu sebesar 1 mg/kg.

2.3 Kerang-Kerangan

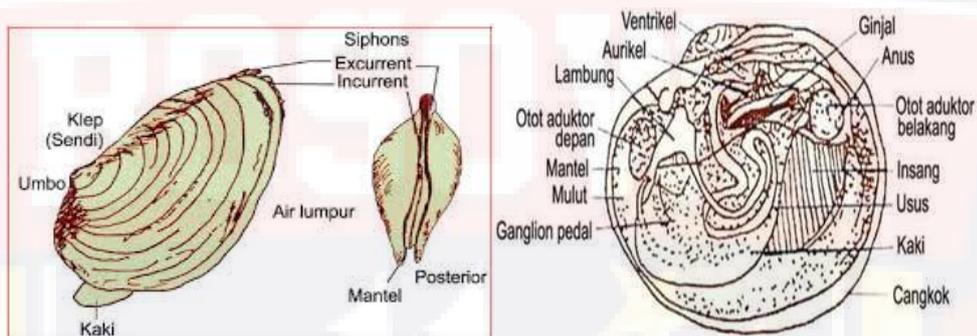
Kerang merupakan salah satu sumberdaya perairan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena sebagai bahan pangan yang mengandung gizi dan memiliki nilai ekonomi tinggi (Gosling, 2004). Kerang juga dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan obat tradisional misalnya obat penurun panas dan sakit kuning (Sjafaraenan dan Umar, 2009), sedangkan cangkangnya dapat dimanfaatkan untuk bahan dekorasi atau hiasan (Tabugo et al., 2013).

Secara ekologis, kerang juga memiliki peranan penting sebagai bioindikator perairan (Putri, 2012). Menurut Indriana et al., (2011) ekosistem perairan yang tercemar dapat mempengaruhi kelangsungan hidup organisme yang hidup didalamnya, termasuk kerang yang memiliki mobilitas terbatas dan menetap didalam sedimen perairan sehingga mudah terpengaruhi oleh adanya bahan pencemar seperti logam berat yang masuk ke badan perairan.

Kerang merupakan biota yang potensial terkontaminasi logam berat karena sifatnya *filter feeder* yaitu biota yang cara makannya dengan menyaring air. Biota ini sering

digunakan sebagai hewan uji dalam pemantauan tingkat akumulasi logam berat pada organisme laut. Logam berat dalam jumlah tertentu dapat bersifat toksik terhadap organisme hidup. Logam-logam berat tersebut dapat terakumulasi dalam tubuh melalui rantai makanan, yang akhirnya akan membahayakan kesehatan manusia, keadaan ini disebut dengan biomagnifikasi.

Bivalvia atau Pelecypoda dalam kelas mollusca mencakup semua kerang-kerangan berasal dari kata bi (dua) dan valve (kutub) berarti hewan yang memiliki dua belahan cangkang atau katup. Pelecypoda berasal dari kata pelecchy (kapak kecil) dan poda (kaki) hewan yang memiliki kaki pipih seperti kapak kecil. Bivalvia terbagi menjadi beberapa jenis yaitu, kerang, kijing, remis, tiram (Fitrianti, 2014).



Gambar. 1 Morfologi dan Anatomi Bivalvia

Bivalvia memiliki cangkang terbagi menjadi dua belahan, kedua belahan tersebut dihubungkan oleh engsel pada garis tengah dorsal dan juga otot aduktor yang kuat mengatupkan kedua cangkang untuk melindungi bagian tubuh yang lunak. Bivalvia memiliki kepala yang tidak jelas. Beberapa bivalvia memiliki mata dan tentakel pengindra sepanjang tepi luar mantelnya. Rongga mantel bivalvia memiliki insang yang digunakan untuk pertukaran gas sekaligus menangkap makanan pada kebanyakan spesies. Kebanyakan bivalvia adalah pemakan suspensi, mereka menangkap partikel-partikel makanan yang halus didalam mukus yang menyelubungi insang dan siliannya kemudian

mengantarkan partikel ke mulut. Air masuk melalui rongga mantel, melalui sifon aliran masuk melewati insang dan kemudian keluar dari rongga mantel melalui sifon aliran keluar (Neil, 2005).

2.3.1 Habitat Kerang

Kerang-kerangan (bivalvia) adalah biota yang biasa hidup didalam substrat dasar perairan (biota bentik) yang relatif lama sehingga biasa digunakan sebagai bioindikator di perairan. Biota ini juga memiliki keanekaragaman yang tinggi. Masuknya limbah kedalam suatu perairan akan mengakibatkan berubahnya faktor fisika, kimia dan biologi. Perubahan ini dapat mempengaruhi keberadaan organisme yang hidup di perairan termasuk kerang (bivalvia) (Insafitri,2010).

Kerang ada yang hidup di air tawar, darat maupun di perairan pesisir dan laut. Selain itu ada jenis kerang-kerang laut yang hidup didasar perairan (benthic) maupun di permukaan (pelagic). Kerang juga dapat hidup diperairan dangkal (litoral) maupun perairan dalam (deep zone) (Setyono, 2006).

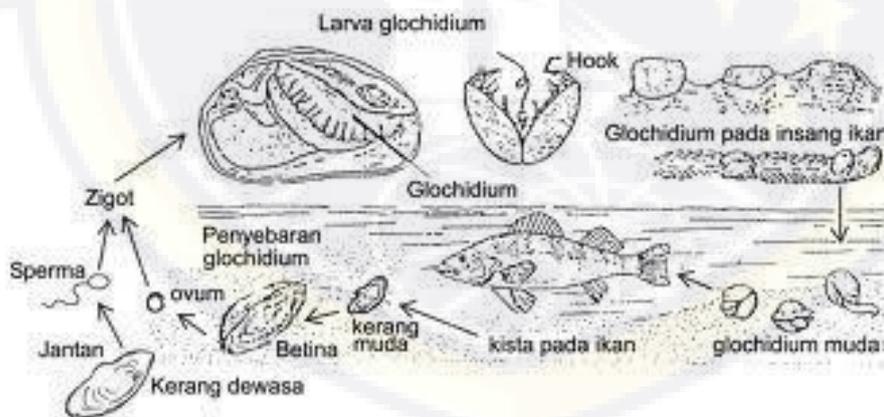
2.3.2 Kebiasaan Makan Kerang

Kerang mempunyai kebiasaan makan yaitu filter feeder dimana organisme ini memakan partikel, materi organik dan juga makhluk hidup yang tersuspensi didalam air. Kerang jenis *Pelecypoda* merupakan pemakan deposit dan juga pemakan bahan yang tersuspensi. *Pelecypoda* membenamkan diri dalam substrat dengan sifon yang menjulur kepermukaan, lalu sifon tersebut bergerak ke atas permukaan air menyerap partikel organik dan membawa ke rongga mantel untuk dicerna.

Mekanisme cara makan hewan tersuspensi juga tidak berbeda. Namun, pemakan bahan tersuspensi tidak juga mengambil sejumlah besar partikel sebagai makanan tambahan disamping plankton. Sebagian besar pemakan bahan tersuspensi di habitat berlumpur juga memakan sedimen yang tersuspensi, sehingga dikatakan hewan tersebut memakan baik bahan yang tersuspensi dan terdeposit (Andi, 2012).

2.3.3 Siklus Hidup Kerang

Bivalvia ada yang bersifat hermaphrodit dan kebanyakan hewan ini mempunyai kelamin yang terpisah. Pada saat terjadi perkawinan alat kelamin jantan akan mengeluarkan sperma ke air dan masuk ke dalam tubuh betina melalui sifon air sehingga terjadi pembuahan. Ovum akan tumbuh dan berkembang pada insang didalam ruang mantel, kemudian menetas dan keluarlah larva yang disebut glokidium. Larva ini akan keluar dari tubuh betina melalui sifon air keluar dan larva akan menempel pada insang atau sirip ikan yang dibungkus oleh lendir dari kulit ikan. Larva ini bersifat parasit kurang lebih selama tiga minggu kemudian akan melepaskan diri dan hidup bebas.



Gambar 2. Daur Hidup Bivalvia

2.3.4 Jenis Substrat pada Kerang

Substrat dari jenis bivalvia yang ditemukan berbeda-beda yaitu ada yang ditemukan pada substrat berpasir, lumpur berpasir, pasir berlumpur dan karang. Bivalvia atau pelecypoda umumnya hidup menetap (sedentari) dan memerlukan substrat yang padat karena kebanyakan jenis ini memerlukan substrat keras untuk menempel melalui byssus. Selain itu kondisi fisika dan kimia dalam suatu perairan menjadi salah satu faktor penunjang kehidupan bivalvia (Moore, 2006).

2.3.5 Parameter Kualitas Air pada Kerang

Keanekaragaman kerang (bivalvia) tidak terlepas dari faktor fisika dan kimia yang terkandung didalamnya. Selain dari itu ketersediaan makanan, unsur hara dan bahan organik maupun kemampuan biota untuk dapat beradaptasi terhadap kondisi fisik lingkungan yang selalu berubah bahkan terhadap tekanan ekologis (Ginting, 2017). Parameter kualitas air seperti suhu, salinitas, pH dan oksigen terlarut menjadi faktor penunjang pada perairan dan juga kelangsungan hidup organisme termasuk kerang (bivalvia). Suhu yang sesuai untuk bivalvia berkisar $28 - 31^{\circ}\text{C}$ dengan kisaran salinitas $6 - 35\text{‰}$, pH yang baik untuk mendukung kehidupan bivalvia berkisar antara $5,0 - 8,0$ (Sitorus, 2008). Aisyah (2012) mengatakan bahwa bivalvia menyukai lingkungan dengan kandungan oksigen terlarut antara $3,8 - 12,5 \text{ mg/l}$.

2.4 Kualitas Air

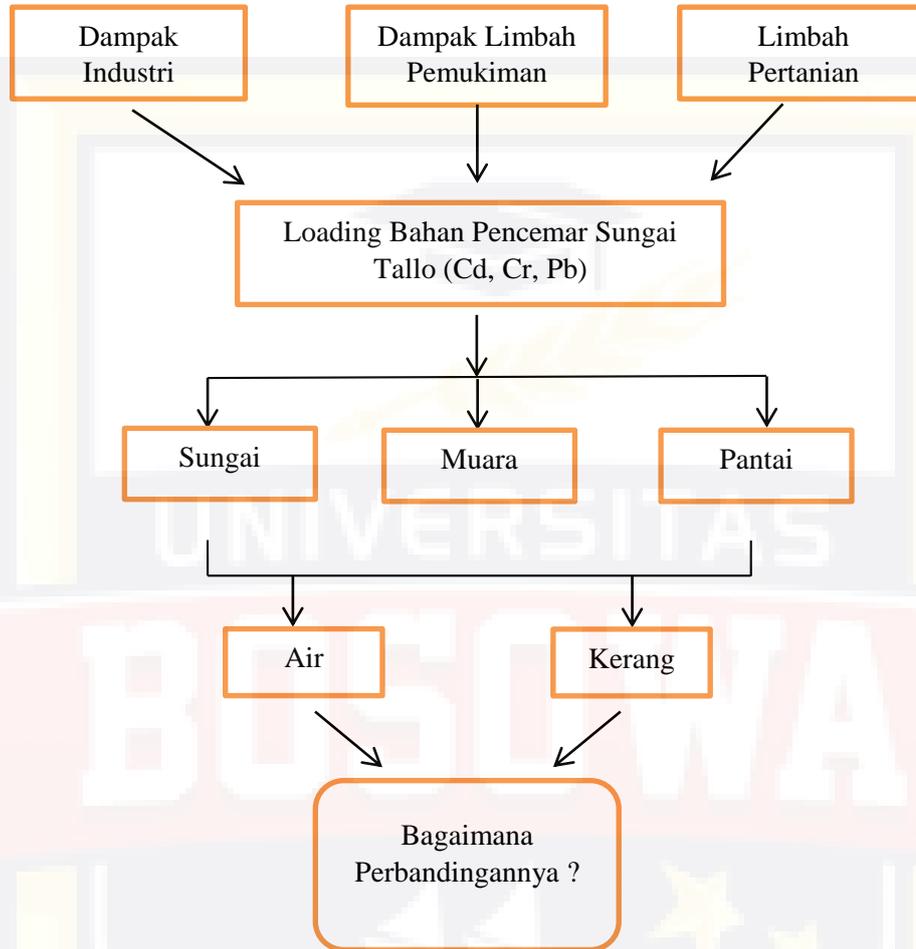
Salah satu limbah yang patut dicermati adalah logam berat. Logam berat banyak digunakan sebagai bahan baku maupun media penolong dalam berbagai jenis industri.

Masuknya limbah ini ke perairan dapat mengurangi kualitas air dan menimbulkan pencemaran. Selain mengubah kualitas perairan, logam berat yang terendapkan bersama dengan sedimen juga dapat menyebabkan transfer bahan kimia beracun dari sedimen ke organisme (Zuraida, 2010).

Majunya perindustrian membuat banyak industri memanfaatkan unsur logam berat dalam produknya. Logam berat yang terkandung didalam air sangat berbahaya bagi kehidupan organisme didalamnya dan tidak hanya pada badan air saja, logam berat terakumulasi pada sedimen yang sifatnya bioakumulatif yaitu logam berat berkumpul dan mengikat kadarnya, walaupun kadar logam berat pada perairan rendah akibat terjadinya pertukaran secara terus menerus terbawa aliran sungai.

Tinggi rendahnya konsentrasi logam berat di suatu perairan disebabkan oleh banyaknya jumlah masukan limbah logam berat ke perairan. Semakin besar limbah masuk kedalam suatu perairan, semakin besar konsentrasi logam berat di perairan (Sarjono, 2009).

B. Kerangka Berpikir



Gambar 3. Kerangka Pikir Penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni-Agustus 2021 bertempat di Sungai Tallo, Makassar yang dibagi menjadi tiga stasiun yaitu di sungai, muara dan pantai. Stasiun lokasi penelitian secara rinci dapat dilihat pada gambar dibawah ini,



Gambar 4. Stasiun Lokasi Penelitian

Karakteristik lokasi penelitian pada stasiun A yaitu sungai dekat dengan pemukiman warga dimana panjang lokasi penelitian adalah 0,24 km atau 237.90 m. Stasiun B yaitu muara terletak dengan pemukiman warga dan juga tempat dimana warga sekitar melakukan aktivitas penangkapan khususnya kerang. Panjang lokasi penelitian untuk stasiun B adalah 0,12 km atau 117.83 m. Lokasi penelitian pada stasiun C terletak di Pelabuhan Perikanan Paotere. Lokasi pada stasiun C mempunyai panjang yaitu 0,45 km atau 453 m.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan selama penelitian (Juni-Agustus) dapat dilihat pada tabel.1 dibawah ini :

Tabel 1. Alat dan Bahan

Alat	Kegunaan
Botol Aquades 100 mL	Untuk mengisi sampel air
Plastik Sampel	Untuk mengisi sampel kerang
Refraktometer	Untuk mengukur salinitas perairan
Termometer	Untuk mengukur suhu perairan
pH meter	Untuk mengukur pH air
Plankton Net	Untuk menyaring plankton
Ember volume 10 liter	Untuk menimba air disetiap stasiun
Botol Sampel	Untuk mengisi plankton yang telah disaring menggunakan plankton net
Tali Rafia	Untuk mengikat gabus dan juga tehel bekas
Gabus bekas	Sebagai pemberat yang diikat menggunakan tali rafia untuk mengukur kecepatan arus
Tehel bekas	digunakan sebagai <i>secchi disk</i> untuk mengukur kecerahan suatu perairan
ATK (Alat Tulis dan Kerja)	Untuk mencatat hasil yang didapatkan di lapangan pada saat pengukuran
Bahan	Kegunaan
Air	Sebagai bahan sampel untuk mengetahui kandungan logam berat (Pb, Cd, Cr)
Kerang	Sebagai bahan sampel untuk mengetahui kandungan logam berat (Pb, Cd, Cr)
Cairan Lugol	Digunakan untuk mengawetkan plankton

3.3 Metode Penelitian

Metode Penelitian dilakukan secara survei dimana langsung turun ke lapangan untuk melihat lokasi penelitian kemudian mengukur beberapa parameter dan mengambil sampel air dan kerang.

3.3.1 Pengambilan Sampel Air dan Sampel Kerang

Pengambilan Sampel Air dan Analisis

Pengambilan sampel air dilakukan secara insitu pada tiga stasiun yang sudah dibagi yaitu :

- Stasiun A : Sungai Tallo, Makassar. Sub stasiun A1, A2, A3
- Stasiun B : Muara Sungai Tallo, Makassar. Sub stasiun B1, B2, B3
- Stasiun C : Pantai yang terhubung langsung dari Sungai Tallo, Makassar. Sub stasiun C1, C2, C3

Sampel air pada saat surut dan pasang pada masing-masing sub stasiun diambil sebanyak tiga kali dan dimasukkan kedalam botol aquades dengan ukuran 100 ml yang telah disiapkan sehingga jumlah sampel air secara keseluruhan yaitu 9 sampel air pada saat pasang dan 9 sampel air pada saat surut (Lampiran 1) dan kemudian di periksa kandungan logam berat (Pb, Cd, Cr) dengan menggunakan metode AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) di Laboratorium Balai Besar Industri Hasil Perkebunan Makassar.

Pengambilan Sampel Kerang

Pengambilan kerang sebagai sampel dilakukan secara insitu pada saat surut ditiga stasiun, yaitu :

- Stasiun A : Sungai Tallo, Makassar. Sub stasiun A1, A2, A3
- Stasiun B : Muara Sungai Tallo, Makassar. Sub stasiun B1, B2, B3
- Stasiun C : Pantai yang terhubung langsung dari Sungai Tallo, Makassar. Sub stasiun C1, C2, C3

Kerang yang di ambil sebagai sampel adalah jenis kerang apa saja yang terdapat di tiga sub stasiun, kerang dimasukkan ke dalam plastik sampel untuk diperiksa kandungan logam berat (Cd, Cr, Pb) dengan menggunakan metode AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) di Laboratorium Balai Besar Hasil Industri Hasil Perkebunan Makassar. Kerang yang di ambil berdasarkan lokasi penelitian pada sub tiga stasiun akan diidentifikasi berdasarkan jenis nya.

3.3.2 Pengukuran Parameter Lingkungan

Suhu

Suhu dalam penelitian ini akan diukur secara insitu yaitu pengukuran secara langsung di lokasi penelitian pada tiga stasiun yang berbeda dengan menggunakan termometer.

Salinitas

Salinitas dalam penelitian ini diukur secara insitu di lokasi penelitian menggunakan refractometer untuk mengetahui nilai salinitas dari setiap stasiun.

pH (Derajat Keasaman)

pH (Derajat Keasaman) diukur menggunakan pH meter yang dilakukan langsung pada lokasi penelitian guna mengetahui nilai pH dari setiap stasiun penelitian pada saat surut dan pasang.

Kecepatan Arus

Cara yang digunakan dalam mengukur kecepatan arus adalah menggunakan gabus yang diikat menggunakan tali rafia sepanjang 10 meter dan dibentangkan di peraran kemudian didiamkan sampai bentangan tali sejajar lurus dan kemudian diketahui waktu untuk kecepatan arus pada saat surut dan pasang menggunakan stopwatch.

Kecerahan

Kecerahan diukur menggunakan *sechi disk* dimana dibuat menggunakan tehel yang dicat berwarna hitam dan putih kemudian diikat menggunakan tali. Setiap tali diberi tanda ukuran sehingga pada saat alat digunakan dapat mengetahui kecerahan suatu perairan. Alat ini dicelupkan kedalam air kemudian dilihat berapa kedalaman perairan untuk mengetahui kecerahannya melalui tali yang sudah ditandai sebelumnya dan hasilnya dicatat.

BOT (Bahan Organik Terlarut)

Bahan organik terlarut diuji untuk melihat perbedaan nilai nya pada saat air surut dan pasang. Sampel air diambil kemudian diisi kedalam botol dan diuji di Laboraturium Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan Maros.

Plankton

Pengambilan sampel untuk pengukuran kelimpahan plankton yaitu dengan cara sampel disaring pada masing-masing stasiun menggunakan plankton net sebanyak 10 kali pengulangan dengan menggunakan ember bervolume 10 liter yang kemudian ditampung dalam botol aquades ukuran 100 ml, kemudian di tambahkan cairan lugol 10 tetes. Setiap

sampel diberi label pada botol dan selanjutnya diperiksa untuk mengetahui spesifikasi dan jenis plankton dari setiap stasiun di Laboratorium Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan Maros. Pengambilan sampel plankton ini hanya sebagai bioindikator untuk mengetahui bahwa perairan sungai Tallo Makassar tercemar atau tidak.

3.3.3 Pemeriksaan Sampel Penelitian

Sampel uji yang telah diambil yaitu air dan kerang diperiksa di Laboratorium Balai Besar Hasil Industri Perkebunan Makassar menggunakan metode AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) dimana prinsip kerja untuk metode AAS adalah suatu teknik dimana analisis unsur yang didasarkan pada absorbsi sinar oleh atom bebas. Atom ini menyerap sinar pada panjang gelombang tertentu yang mempunyai energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom. Sampel uji untuk plankton dan BOT diuji di Laboratorium Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan Maros.

3.4 Analisis Data

Dalam penelitian ini beberapa analisis data yang digunakan adalah:

- Analisis Varians (Anova) untuk membandingkan beberapa parameter lingkungan antar stasiun (sungai, muara dan pantai) pada saat pasang maupun pada saat surut.
- PCA (Principle Component Analysis) atau analisis komponen utama untuk yang bertujuan untuk menjelaskan karakteristik lokasi penelitian berdasarkan distribusi spasiotemporal parameter lingkungannya.
- FCA (Factorial Correspondence Analysis) atau Analisa faktor korespondensial yang bertujuan untuk menjelaskan asosiasi antara jenis fitoplankton dengan zooplankton dengan stasiun dan waktu tertentu.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kandungan Logam Berat pada Air dan Kerang

Kandungan Logam Berat Pada Air

Hasil penelitian kandungan logam berat (lampiran 1) pada saat air pasang dan surut diperairan sungai Tallo yang dibagi atas tiga stasiun yaitu sungai, muara dan pantai. Rata-rata kandungan logam berat pada saat penelitian dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3 dibawah ini,

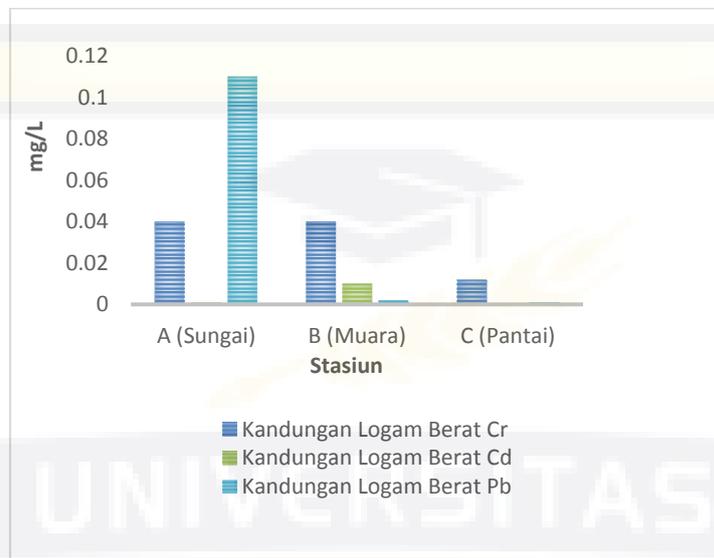
Tabel 2. Kandungan Logam Berat di Perairan Pada Saat Pasang

Stasiun Kondisi Perairan (Pasang)	Kandungan Logam Berat		
	Cr	Cd	Pb
A (Sungai)	0.04	0.001	0.11
B (Muara)	0.04	0.01	0.002
C (Pantai)	0.012	0.0003	0.001

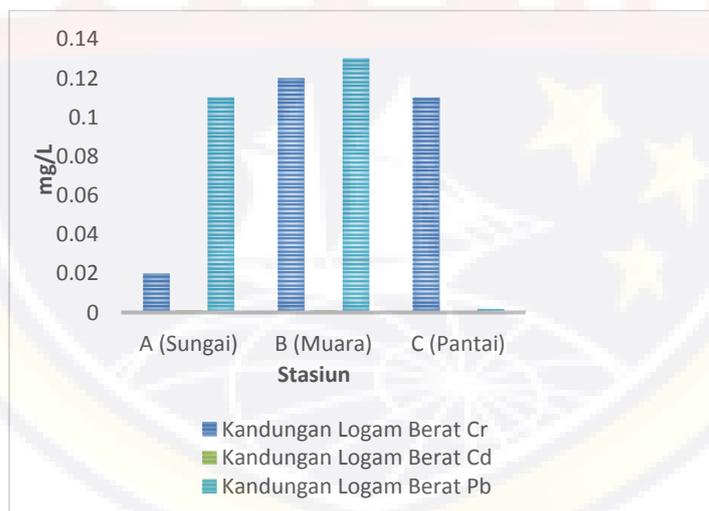
Tabel 3. Kandungan Logam Berat di Perairan Pada Saat Surut

Stasiun Kondisi Perairan (Surut)	Kandungan Logam Berat		
	Cr	Cd	Pb
A (Sungai)	0.02	0.001	0.11
B (Muara)	0.12	0.001	0.13
C (Pantai)	0.11	0.0003	0.002

Hasil rata-rata penelitian kandungan logam berat pada perairan di ketiga stasiun menunjukkan bahwa perairan tersebut tercemar, dapat dilihat juga pada grafik (gambar 5 dan gambar 6) dibawah ini,



Gambar 5. Hasil Pengukuran Logam Berat pada Air ditiga Stasiun (Pasang)



Gambar 6. Hasil Pengukuran Logam Berat pada Air ditiga Stasiun (Surut)

Stasiun A yaitu sungai menunjukkan kadar logam berat timbal (Pb) yang tinggi sebesar 0,11 mg/L pada saat pasang dan surut dimana ambang batas yang ditetapkan yaitu

0,03 mg/L sesuai Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001, stasiun B menunjukkan kadar logam berat krom (Cr) dan timbal (Pb) yang tinggi yaitu sebesar 0,12 mg/L dan 0,13 mg/L yang dimana melebihi ambang batas yaitu 0,05 mg/L untuk krom (Cr) dan 0,03 mg/L untuk timbal (Pb) sesuai Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001, pada stasiun C yaitu pantai menunjukkan kadar logam berat krom (Cr) sebesar 0,11 mg/L dimana melebihi ambang batas yaitu 0,05 mg/L sesuai dengan Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001. Hasil dari rata-rata kandungan logam berat pada perairan Sungai Tallo Makassar menunjukkan bahwa perairan ini tercemar.

Hasil analisis varians (Anova) lampiran 2, menunjukkan bahwa ada perbedaan antar stasiun terhadap kandungan logam berat Pb di air baik pasang maupun surut. Hasil dari uji Tuckey (HSD) terlihat bahwa logam berat Pb di air berbeda antar pantai dan muara, pantai dan sungai tetapi tidak berbeda dengan sungai dan muara demikian pula muara tidak berbeda dengan sungai.

Hasil analisis varians (Anova) lampiran 2 untuk kandungan logam berat Cr pada air menunjukkan bahwa adanya perbedaan antar stasiun terhadap pasang maupun surut. Hasil dari uji Tuckey (HSD) terlihat bahwa logam berat Cr di air tidak berbeda antar sungai dan muara begitu pula muara dan sungai, tetapi ada perbedaan antar sungai dan pantai demikian pula muara dan pantai.

Merujuk pada penelitian sebelumnya oleh Rukma dkk, (2020) yang menunjukkan hasil kandungan logam berat Pb di perairan Sungai Tallo yaitu berkisar 0.0892 dan 0.0650 mg/L dimana hasil tersebut tidak memenuhi syarat karena melebihi ambang batas PP No.82 Tahun 2001, sama halnya dengan penelitian Nurjhanna dkk, (2020) yang menjelaskan bahwa perairan sungai Tallo Makassar terdapat kandungan logam berat Cr 0.12 mg/L yang dimana melebihi ambang batas Cr pada perairan yaitu sebesar 0.05 mg/L.

Logam berat sangat berbahaya bagi kesehatan manusia apabila jumlahnya melebihi dari batas yang ditetapkan. Logam berat seperti Pb yang terdapat pada perairan juga disebabkan oleh kegiatan pelabuhan seperti kapal-kapal biasa menggunakan cat anti korosi yang dimana cat tersebut mengandung Pb, dalam menjalankan aktivitas juga kapal menghabiskan bahan bakar solar, selain itu knalpot (pembuangan sisa gas hasil proses pembakaran bahan bakar) terletak dibawah kapal, sehingga gas buangnya langsung berinteraksi dengan perairan (Siaka, 2008). Kadmium dan Krom juga termasuk dalam limbah B3 yang berbahaya dimana logam berat yang sulit mengalami degradasi sehingga bertahan lama dalam perairan (Paramita dkk, 2017). Pencemaran yang terjadi di ketiga stasiun karena adanya buangan limbah rumah tangga, kegiatan pertanian, limbah industri. Pencemaran air ini juga terbagi menjadi tiga bagian, pencemaran air yang disebabkan oleh domestik (rumah tangga), pencemaran air yang disebabkan oleh industri dan dampak pencemaran air oleh buangan pertanian dan perkebunan (Mukono, 2008)

Kandungan Logam Berat pada Kerang

Hasil penelitian di perairan Sungai Tallo Makassar terdapat beberapa jenis kerang seperti yang diambil pada saat surut (lampiran 3) terlampir pada gambar dibawah ini,



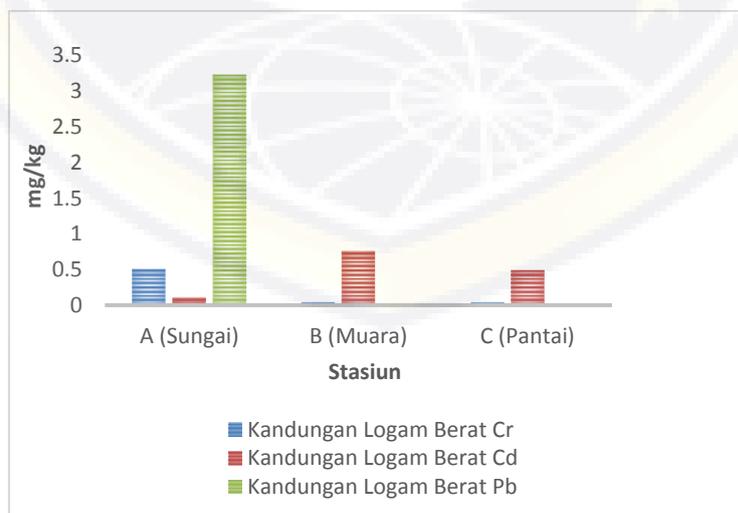
Gambar 7. Kerang di Perairan Tallo Makassar

Rata-rata hasil analisis kandungan logam berat pada kerang yang diamati di Laboratorium dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini,

Tabel 5. Kandungan Logam Berat Pada Kerang

Stasiun	Kandungan Logam Berat		
	Cr	Cd	Pb
A (Sungai)	0.5	0.1132	3.2309
B (Muara)	0.05	0.7505	0.01
C (Pantai)	0.05	0.4915	0.01

Kerang merupakan salah satu komoditas yang terdapat di muara sungai maupun pantai. Kerang dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan antara lain sebagai bahan makanan sumber protein. Kerang dapat mengakumulasi logam berat lebih besar daripada biota perairan lainnya karena sifatnya menetap dan menyaring makanan (filter feeder) serta lambat untuk menghindarkan diri dari pengaruh polusi. Oleh karena itu, jenis kerang merupakan indikator yang sangat baik untuk memonitor suatu pencemaran logam dalam lingkungan perairan (Rumampuk et al., 2015).



Gambar 8. Hasil Pengukuran Logam Berat pada Kerang

Hasil dari grafik (gambar 8) diatas menunjukkan bahwa kandungan logam berat timbal (Pb) melebihi ambang batas konsumsi yang telah ditentukan yaitu 1,5 mg/kg untuk kerang-kerangan (Bivalvia) menurut SNI (Standar Nasional Indonesia). Batas maksimum kandungan kadmium (Cd) dalam kerang-kerangan adalah 1,0 mg/kg dan batas untuk krom (Cr) yaitu 1 mg/kg.

Kandungan konsentrasi logam berat pada kerang dipengaruhi juga oleh beberapa faktor seperti cemaran limbah kegiatan pertanian, limbah domestik dari pemukiman maupun limbah nutrisi dari sisa pakan ikan yang berasal dari tambak yang disekitar sungai Tallo. Logam berat ini juga bersifat toxic dimana sangat berbahaya bagi manusia yang mengkonsumsi kerang secara terus menerus. Logam berat ini juga sebagai salah satu polutan yang paling berbahaya bagi kesehatan manusia. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dan Organisasi Pangan Dunia (FAO) merekomendasikan untuk kita mengkonsumsi makanan laut (sea food) yang tercemar logam berat. Kerang bersifat filter feeder yang dimana mekanisme pencernaannya bergabung dengan mekanisme pernapasan. Zat-zat makanan seperti fitoplankton serta organisme mikroskopik lain ikut tersaring dan diubah menjadi jaringan tubuh ketika kerang menyaring air. Kerang mampu menyaring volume air sebanyak 300 ml/jam (Nurjanah, dkk, 2012).

4.2 Parameter Lingkungan

Suhu

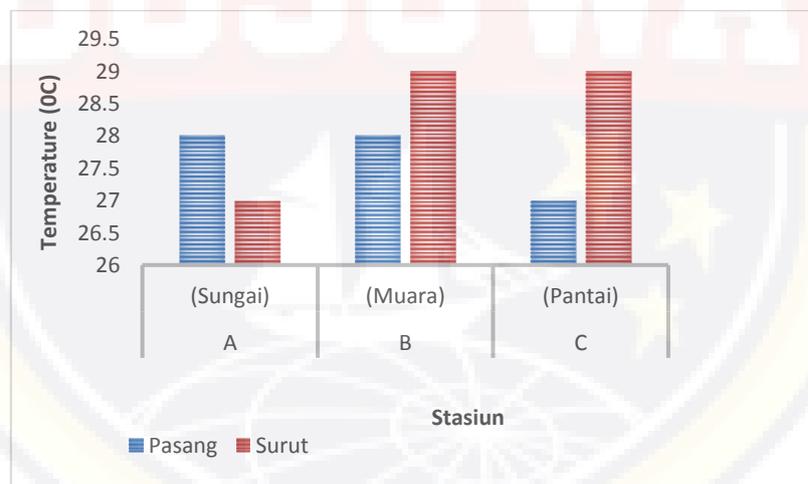
Hasil pengukuran suhu dari ketiga stasiun selama penelitian berkisar antara 26-29 °C untuk air pasang, dimana air sungai berkisar antara 26-28 °C, muara 28-29 °C, laut 27 °C dan 27-29 °C untuk air surut dimana air sungai 27-28 °C, muara 29-30 °C, laut 29-30

$^{\circ}\text{C}$ (lampiran 4). Rata-rata hasil perhitungan pengukuran parameter suhu pada stasiun A, B dan C dapat dilihat pada tabel 6 dibawah ini,

Tabel 6. Suhu ($^{\circ}\text{C}$) Air Pasang dan Surut

Kondisi Perairan	Stasiun		
	A	B	C
	(Sungai)	(Muara)	(Pantai)
Pasang	28	28	27
Surut	27	29	29

Hasil pengukuran suhu pada tabel diatas menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu jauh, dimana suhu pada perairan masih dalam kondisi normal.



Gambar 9. Rata-rata Hasil Pengukuran Suhu ditiga Stasiun

Pada grafik (gambar 9) diatas menunjukkan suhu perairan pada saat pasang dan surut. Nilai rata-rata suhu juga pada saat penelitian lebih dominan pada saat air surut hal ini disebabkan pada saat pengukuran kondisi cuaca panas yang dilakukan siang hari, dimana perairan menerima panas lebih tinggi. Suhu perairan di lokasi penelitian

dipengaruhi oleh penyinaran dan curah hujan yang intensitasnya tergantung musim. Pada bulan Juni sampai Agustus merupakan musim timur yang mana tingkat curah hujan tidak lebat. Suhu sangat mempengaruhi segala proses yang terjadi di perairan baik fisika, kimia maupun biologi. Suhu juga mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme (Burhanuddin, 2011).

Suhu dalam perairan ini juga masih dalam batas normal untuk kehidupan perairan. Pada prinsipnya sebaran temperatur atau suhu sangat dipengaruhi oleh massa air yang disebabkan pasang surut dimana merupakan hasil pergerakan rotasi bumi serta gaya gravitasi antara bumi dan bulan, hal ini diperkuat dengan pernyataan Hidayat (2005) yang menyebutkan pergerakan massa air sangat dipengaruhi oleh rotasi bumi dan gaya gravitasi bumi terhadap bulan yang keduanya merupakan gaya pembangkit pasang surut.

Hasil analisis varians (Anova) lampiran 5, menunjukkan bahwa ada perbedaan antar suhu baik secara stasiun maupun antar pasang dan surut. Hasil uji Tuckey (HSD) terlihat bahwa suhu berbeda antar sungai dan muara tetapi tidak berbeda dengan pantai, demikian pula muara tidak berbeda dengan pantai.

Salinitas

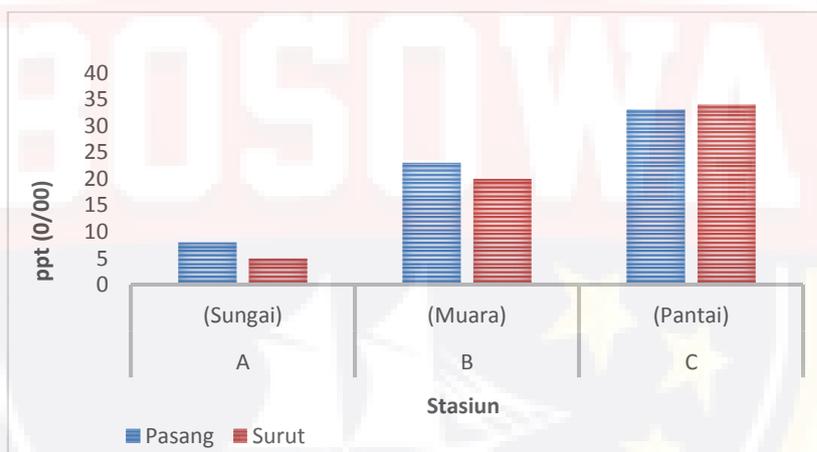
Hasil pengukuran salinitas dari semua stasiun berkisar 5 ‰ di sungai, 20 ‰ di muara dan 34 ‰ di laut pada saat air pasang dan pada saat air surut berkisar 8 ‰ di sungai, 23 ‰ di muara, 33 ‰ di laut (lampiran. 4). Rata-rata dari hasil pengukuran parameter salinitas dapat dilihat pada tabel 7 dibawah ini,

Tabel 7. Salinitas (‰) Air Pasang dan Surut

Kondisi	Stasiun
---------	---------

Perairan	A	B	C
	(Sungai)	(Muara)	(Pantai)
Pasang	8	23	33
Surut	5	20	34

Hasil pengukuran salinitas dilokasi penelitian menunjukkan nilai pada saat pasang yang tertinggi. Rata-rata nilai salinitas secara keseluruhan menunjukkan nilai yang relatif masih dalam kondisi normal untuk biota perairan. Pengukuran di kerjakan secara insitu dimana langsung melakukan pengukuran salinitas di lokasi penelitian. Kondisi cuaca pada saat pengambilan tidak menentu, karena jarak lokasi A, B dan C jauh jadi ada hari dimana cerah, berawan dan hujan tapi pengambilan sampel dilakukan setelah selesai hujan.



Gambar 10. Rata-rata Hasil Pengukuran Salinitas ditiga Stasiun

Salinitas pada grafik (gambar 10) diatas selama penelitian menunjukkan kondisi perairan normal, untuk rata-rata salinitas pada sub stasiun sama dan perbedan salinitas ditunjukkan pada kodisi perairan pasang seperti pada grafik. Sebaran salinitas dilaut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan, dan aliran sungai. Perairan tingkat curah hujan tinggi dan dipengaruhi oleh aliran sungai

memiliki salinitas rendah sedangkan perairan yang memiliki evaporasi tinggi salinitasnya tinggi (Tubalaworthy, 2001).

Hasil analisis ragam (Anova) lampiran 5, menunjukkan bahwa ada perbedaan salinitas antar stasiun maupun antar pasang dan surut. Hasil uji Tuckey (HSD) terlihat bahwa salinitas berbeda antar ketiga stasiun yaitu sungai, muara dan pantai.

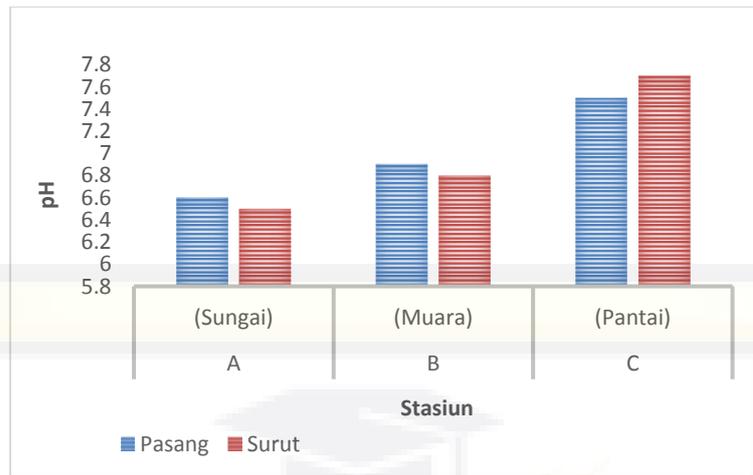
pH (Derajat Keasaman)

Nilai pH air yang terukur selama penelitian (lampiran 4) berkisar antara 6.5-7,9. Rata-rata dari hasil pengukuran parameter pH dapat dilihat pada tabel 8 berikut ini,

Tabel 8. pH (ppm) Air Pasang dan Surut

Kondisi Perairan	Stasiun		
	A	B	C
	(Sungai)	(Muara)	(Pantai)
Pasang	6.6	6.9	7.5
Surut	6.5	6.8	7.7

Kisaran pH yang didapatkan masih dalam batas toleransi biota perairan, untuk pH dalam suatu perairan memang memiliki perbedaan sesuai dengan batas normal perairan itu sendiri dalam hal ini sungai-laut dan muara-laut. Sebagaimana diketahui bahwa pada pH 6-9 kehidupan biota alam suatu perairan berjalan normal, baik kehidupan hewan maupun tumbuhan karena dalam proses-proses kimia dan mikrobiologis yang menghasilkan senyawa berbahaya bagi kehidupan biota serta kelestarian lingkungan, tidak terjadi (Yusuf, 2008).



Gambar 11. Rata-rata Hasil Pengukuran pH (Derajat Keasaman) ditiga Stasiun

Rata-rata nilai pH pada saat pasang dan surut disetiap lokasi menunjukkan perbedaan tidak terlalu berbeda jauh. Nilai pH pada perairan dengan kisaran 6,5-7,5 merupakan air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan (Wardhana, 2004) dan laut berkisar antara 7-8,5 (KMNLH), 2004. Menurut Susana (2009) terjadinya peningkatan pH dari sungai menuju laut disebabkan oleh adanya pencampuran antara air tawar dari daratan dengan kadar salinitas rendah dengan air laut dengan kadar salinitas tinggi. Nilai derajat keasaman dan konsentrasi dalam perairan antara 6,0-8,5 yang merupakan salah satu indikator kualitas perairan yang dapat disebabkan oleh berlimpahnya kandungan organik di perairan (Rukminasari et al., 2014). Senyawa-senyawa tersebut dapat berupa fosfat, nitrat, surfaktan dan senyawa kimia lainnya yang terdapat pada perairan tersebut (Patty, 2015).

Nilai pH dalam penelitian ini masih menunjukkan batas normal dalam suatu perairan. Nilai pH selama penelitian juga mengindikasikan bahwa perairan belum memperlihatkan gejala pencemaran yang dimana pH ditiga lokasi masih batas toleransi untuk biota perairan.

Hasil analisis varians (Anova) lampiran 5, menunjukkan bahwa ada perbedaan pH antar stasiun maupun antar pasang dan surut. Hasil uji Tuckey (HSD) terlihat bahwa sungai dan muara tidak berbeda, tetapi pantai berbeda natar keduanya yaitu pantai dan muara, pantai dan sungai.

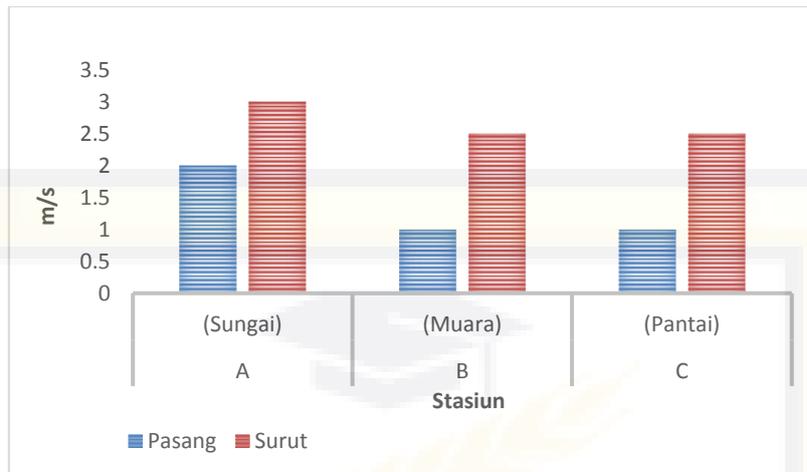
Kecepatan Arus

Data hasil pengukuran kecepatan arus selama penelitian (lampiran 4). Perhitungan kecepatan arus adalah m/s dimana 1 menit = 60 detik untuk perairan pasang pada stasiun A yaitu 2 menit = 120 detik, 120 detik = 10 meter. 1 meter = $10:120 = 0,083$ m/s. Stasiun B yaitu 1 menit = 60 detik, 60 detik = 10 meter, 1 meter = $10:60 = 0,167$ m/s. Stasiun C yaitu 1 menit = 60 detik, 60 detik = 10 meter, 1 meter = $10:60 = 0,167$ m/s. Kondisi perairan pada saat pasang pada stasiun A untuk perhitungan kecepatan arus yaitu 3 menit = 180 detik, 180 detik = 10 meter, 1 meter = $10:180 = 0,056$ m/s. Stasiun B yaitu 2 menit 5 detik = 120 detik + 5 detik = 125 detik = 10 meter, 1 meter = $10:125 = 0,08$ m/s. Stasiun C yaitu 2 menit 5 detik = 120 detik + 5 detik = 125 detik = 10 meter, 1 meter = $10:125 = 0,08$ m/s. Rata-rata dari hasil pengukuran parameter kecepatan arus dapat dilihat pada tabel 9 dibawah ini,

Tabel 9. Kecepatan Arus (m/s) Pasang dan Surut

Kondisi Perairan	Stasiun		
	A	B	C
	(Sungai)	(Muara)	(Pantai)
Pasang	2	1	1
Surut	3	2.5	2.5

Rata-rata kecepatan arus pada saat air pasang dan surut memiliki perbedaan dimana kecepatan arus pada saat surut lebih dominan dibanding pada saat pasang seperti pada grafik dibawah ini,



Gambar 12. Rata-rata Hasil Pengukuran Kecepatan Arus ditiga Stasiun

Angin yang bergerak akan memberikan pengaruhnya sekitar 2% dari kecepatannya kepada arus dipermukaan dan seiring bertambahnya kedalaman, pengaruh arus akan semakin berkurang (Bernawis 2000). Selain faktor topografis, kondisi geografis juga berperan dalam pengaruh angin terhadap arus.

Menurut Nugroho *et al* (2014) angin merupakan gejala alam yang terjadi sewaktu waktu. Menurut Nugroho *et al* (2013) tenangnya perairan disebabkan oleh beberapa hal yaitu wilayah perairan yang luas, pengaruh tiupan angin yang pelan dan bahkan sama sekali tidak ada, serta keberadaan tumbuhan air yang banyak juga akan menghambat gerakan arus air. Menurut Ramadani (2012) kecepatan arus juga berpengaruh terhadap banyaknya kadar oksigen yang terlarut di air, sehingga arus merupakan faktor pembatas karena dapat mempengaruhi kehidupan biota perairan dalam hal ini kerang. Angka yang tinggi dalam mengukur kecepatan arus disebabkan juga karena hembusan angin yang kencang sehingga membuat pergerakan dipermukaan.

Hasil analisis varians (Anova) lampiran 5, menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan kecepatan arus antar tiga stasiun, yaitu sungai, muara dan pantai.

Kecerahan

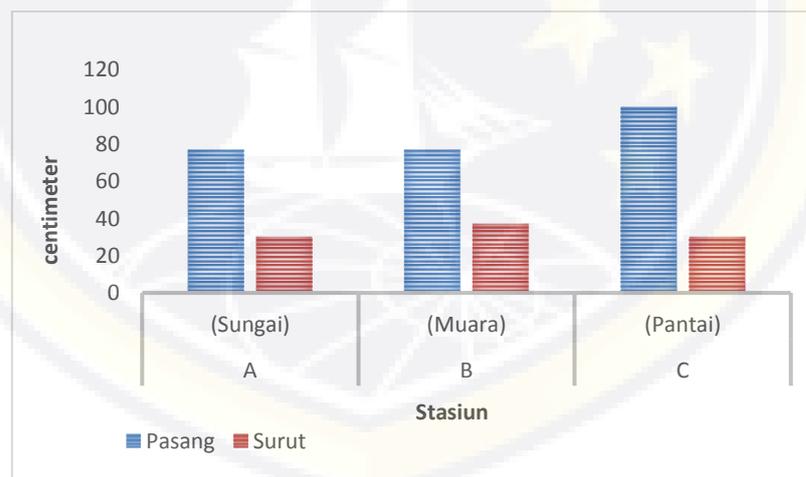
Kecerahan yang diperoleh selama penelitian (lampiran 4). Rata-rata dari hasil pengukuran parameter kecerahan dapat dilihat pada tabel 10 berikut ini,

Tabel 10. Kecerahan (cm) Air Pasang dan Surut

Kondisi Perairan	Stasiun		
	A	B	C
	(Sungai)	(Muara)	(Pantai)
Pasang	77	77	100
Surut	30	37	30

Kecerahan dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata.

Kecerahan paling tinggi yaitu sebesar 1 meter, seperti pada grafik dibawah ini,



Gambar 13. Rata-rata Hasil Pengukuran Kecerahan ditiga Stasiun

Grafik (gambar 13) menunjukkan hasil pengukuran kecerahan lebih dominan pada saat pasang hal ini disebabkan oleh partikel-partikel tersuspensi yang melayang relatif sedikit dipermukaan sehingga cahaya matahari mampu menembus sampai ke kolom air.

Menurut Nugroho (2014), terhalangnya sinar matahari disebabkan banyaknya partikel-partikel tersuspensi yang melayang di permukaan air, terutama oleh material sedimen yang masuk bersama aliran sungai. Menurut Hamidah (2000) dalam Putra (2008) terjadinya sedimentasi bahan-bahan organik dan anorganik tersebut menyebabkan penetrasi cahaya tidak sampai ke dasar perairan. Menurut Skinner (2003) kecerahan air yang cocok untuk kelangsungan hidup kerang tidak lebih dari 100 cm untuk kerang air tawar.

Hasil analisis varians (Anova) lampiran 5, menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan kecerahan antar tiga stasiun yaitu sungai, muara dan pantai.

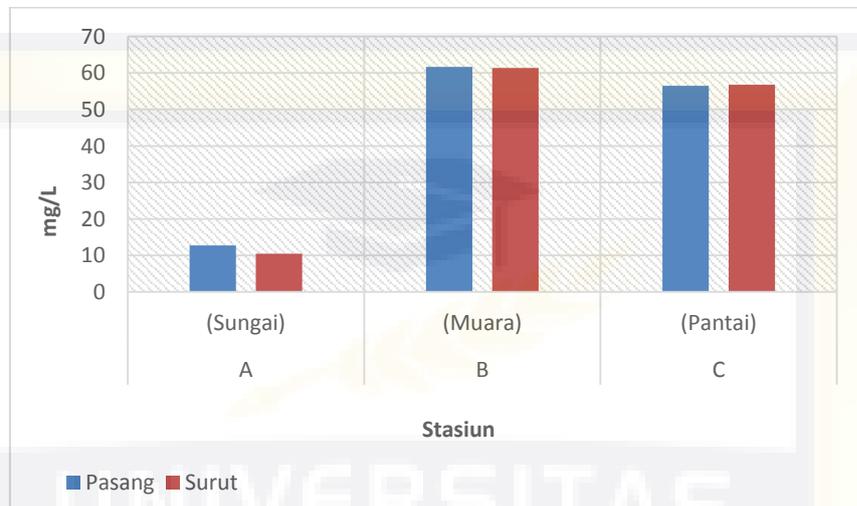
Bahan Organik Total (BOT)

Pengambilan sampel selama penelitian untuk mengetahui hasil bahan organik total (BOT) di tiga stasiun (lampiran 4). Rata-rata hasil pengukuran BOT pada stasiun A, B dan C dapat dilihat pada tabel 11 dibawah ini,

Tabel 11. BOT(mg/L) Air Pasang dan Surut

Kondisi Perairan	Stasiun		
	A	B	C
	(Sungai)	(Muara)	(Pantai)
Pasang	12.75	61.67	56.5
Surut	10.5	61.36	56.75

Hasil rata-rata yang didapatkan dari lokasi penelitian menunjukkan perbedaan yang tidak begitu berbeda antara pasang dan surut pada setiap stasiun.



Gambar 14. Rata-rata Hasil Pengukuran BOT ditiga Stasiun

Pada grafik (gambar 14) diatas menunjukkan nilai BOT pada saat pasang tertinggi berada pada muara, hal ini karena stasiun berdekatan dengan pemukiman warga sesuai dengan pernyataan Afu (2005) bahwa tingginya konsentrasi rata-rata bahan organik terlarut saat pasang terkait dengan letaknya berdekatan dengan lokasi pemukiman, dan industri-industri.

Nilai surut terendah terdapat pada sungai dimana menurut Afu (2005) memudahkan terjadinya proses pembilasan bahan organik karena merupakan proses keluarnya air menuju muara dan laut ataupun masuknya air laut ke muara. Yuningsih *et al*, (2014) berpendapat bahwa bahan organik yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya eutrofikasi atau bertumbuh kembangnya organisme perairan yang berlebihan yang berdampak buruk bagi biota perairan. Bahan organik total atau total organic matter dalam penelitian ini masih dalam kisaran normal yang mana belum melebihi ambang batas yaitu

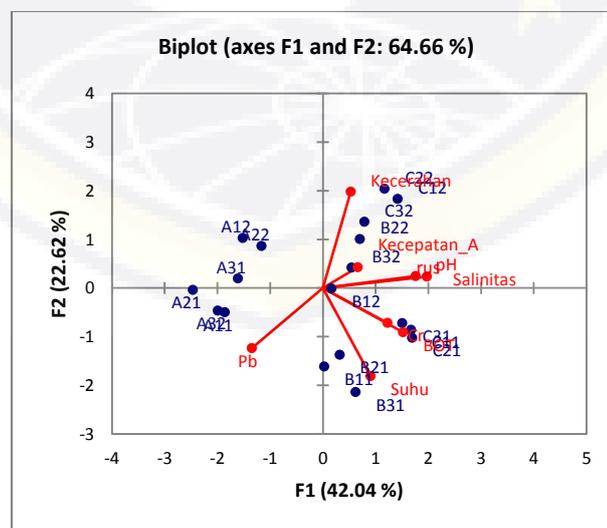
80 mg/L sesuai Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Salah satu fungsi bahan organik sebagai bioindikator kualitas perairan. Bahan organik juga bermanfaat sebagai pendukung kehidupan fitoplankton di perairan, karena aliran nutrient yang berasal dari sungai ke laut sehingga ketersediaan unsur hara didalam perairan dapat menjadi indikator kesuburan perairan (Marwan *et al*, 2015). Perairan dengan kondisi total organic matter atau bahan organik terarut yang terlalu sedikit maupun berlebihan tidak baik bagi kesuburan perairan.

Hasil analisis varians (Anova) lampiran 5, menunjukkan bahwa ada perbedaan antar BOT secara stasiun maupun pasang dan surut. Hasil dari uji Tuckey (HSD) terlihat bahwa BOT berbeda antar tiga stasiun yaitu sungai, muara dan pantai.

4.3 Karakteristik Lokasi Penelitian

Karakteristik lokasi penelitian sebagai penciri untuk mengetahui ciri pembeda yang lebih menonjol pada suatu perairan di lokasi penelitian dapat dilihat pada grafik (gambar 15) berikut ini,



Gambar 15. Plot Observasi dan Variabel pada sumbu utama pertama dan kedua

Princypal Componen Analysis (PCA) dilakukan menggunakan data yang terdiri dari 8 variabel fisik kimia yaitu: suhu, salinitas, pH, kecerahan, BOT, Cr dan Cd dari 9 observasi (stasiun) dari 3 ekosistem (sungai, muara, pantai) masing-masing 3 ulangan stasiun. Hasil analisis PCA menunjukkan bahwa nilai akar ciri pada 3 sumbu utama pertama memiliki nilai akar ciri (eigenvalue) F1, F2 dan F3 masing-masing sebesar 3.3829, 1.8007, 1.2175 dengan total keragaman terjelaskan pada ketiga sumbu utama tersebut mencapai 80.0135%. Hasil lengkap analisis PCA disajikan dalam lampiran 5.

Variabel salinitas, pH dan BOT yang berkorelasi cukup kuat dengan sumbu utama 1 (F1) positif berkontribusi besar dalam pembentukan sumbu komponen utama pertama. Kecerahan dan suhu merupakan variabel yang berkorelasi kuat dan berperan besar dalam pembentukan sumbu utama kedua (F2). Plot observasi dan variabel pada sumbu 1 dan 2 dengan varian terjelaskan sekitar 65% menunjukkan bahwa kelompok observasi di stasiun A (sungai) baik pada saat pasang maupun surut yang terdistribusi pada sumbu 1 negatif dicirikan dengan nilai variabel Pb yang tinggi dengan salinitas rendah. Kelompok observasi di stasiun B (muara) dan C (laut) terlihat terdistribusi mengikuti pasang surut dimana semua stasiun di muara dan laut pada saat surut (B11, B21, B31, C11, V21 dan C31) dicirikan dengan nilai suhu dan BOT yang tinggi. Sebaliknya ketika surut dicirikan dengan kecerahan dan salinitas yang tinggi (Gambar 15).

4.4 Komposisi Plankton

Hasil dari pencacahan fitoplankton dan zooplankton dilapangan terlihat bahwa ada beberapa spesies yang ditemukan di stasiun A pada saat surut maupun pada saat pasang tetapi tidak ditemukan pada stasiun B maupun C (lampiran 6) seperti fitoplankton pada saat air surut adalah, *Navicula sp*, *Oscillatoria sp*, *Ceratium sp*, *Coscinodiscus sp*,

Nitzschia sp, Chaetoceros sp, Tetrastrum sp, Pediastrum sp, Skeletonema sp, Rhyzosolenia sp, Arthrospira sp, Climacodium sp, Scenedesmus sp, Protopredinium sp, Prorocentrum sp. Pada saat air pasang adalah *Navicula sp, Oscillatoria sp, Ceratium sp, Coscinodiscus sp, Nitzschia sp, Chaetoceros sp, Asterionellopsis sp, Tetrastrum sp, Pediastrum sp, Skeletonema sp, Rhyzosolenia sp, Arthrospira sp, Biddulphia sp, Dinophysis sp, Pollen grains sp, Protopredinium sp, Prorocentrum sp.* Spesies zooplankton pada air surut adalah *Copepoda sp, Brachionus sp, Ditylum sp, Favella sp, Acartia sp, Apocyclops sp, Balanus nauplius sp, polychaeta sp,* sedangkan pada saat pasang spesies zooplankton adalah *Copepoda sp, Brachionus sp, Ditylum sp, Tintinnopsis sp, Favella sp, Acartia sp, Apocyclops sp, Balanus nauplius sp, Microsetella sp, Leptotintinnus sp, polychaeta sp.*

Pola komposisi plankton menunjukkan perbedaan pada saat pasang dan surut. Rata-rata komposisi plankton tertinggi berada pada saat air pasang. Plankton dalam penelitian ini lebih didominasi oleh fitoplankton dan yang mendominasi pada saat air surut adalah *Chaetoceros sp, Ceratium sp, Protopredinium sp, Prorocentrum sp, Rhyzosolenia sp, Oscillatoria sp, Skeletonema sp, Coscinodiscus sp.* Plankton yang mendominasi pada saat air pasang seperti *Chaetoceros sp* merupakan genus terbesar dalam diatom laut dengan jumlah sekitar 400 spesies dan merupakan dasar dari rantai makanan (Cahyaningsih, 2009 dalam Rahmadiani & Aunurohim, 2013). *Chaetoceros sp* juga merupakan salah satu pakan alami yang umum digunakan dalam marikultur karena memiliki kandungan protein yang tinggi dan mudah untuk dicerna (Sektiana, 2008).

Jenis fitoplankton yang mendominasi pada saat air pasang adalah *Chaetoceros sp, dan Prorocentrum sp,* sedangkan jenis zooplankton pada saat air surut didominasi oleh *Copepoda sp, Favella sp, Balanus nauplius sp, Apocyclops sp, Acartia sp, Tintinnopsis sp.* Beberapa jenis plankton yang terdapat pada lokasi penelitian, ada yang termasuk dalam jenis plankton yang menyebabkan *blooming* seperti *Prorocentrum sp* dari kelompok

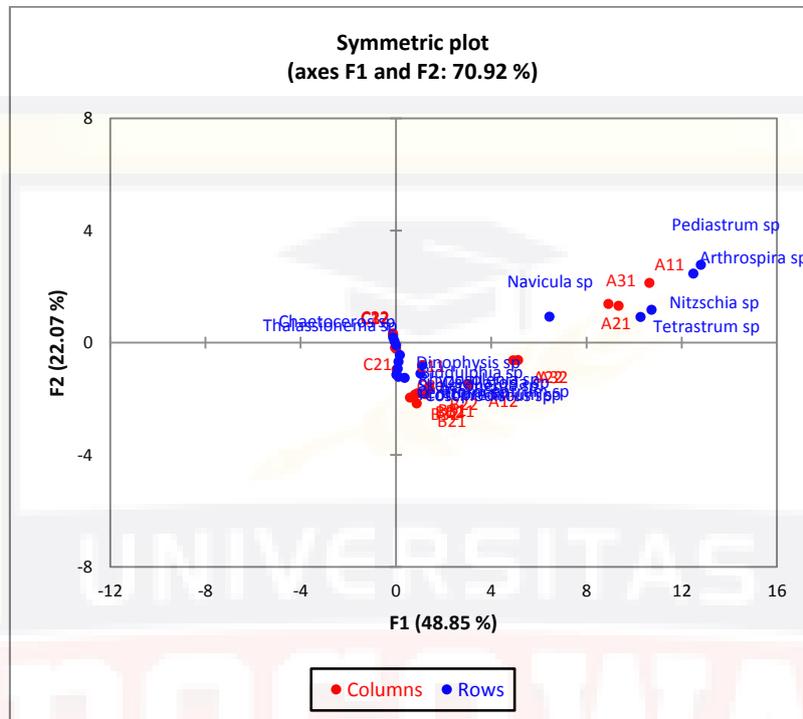
dinoflagellate dimana dapat menyebabkan kematian massal biota laut, perubahan struktur komunitas perairan bahkan keracunan sampai kematian pada manusia (Nasir *dkk*, 2012).

Hasil Analisis Correspondence Analysis (CA)

Correspondence Analysis (CA) digunakan untuk melihat adanya asosiasi antara jenis plankton dengan stasiun pengamatan. Data yang digunakan dalam analisis CA terdiri dari 16 jenis dan 18 stasiun/observasi (9 stasiun pada saat surut dan 9 stasiun pada saat pasang) seperti ditunjukkan dalam lampiran 7. Hasil analisis CA menunjukkan bahwa nilai akar ciri (eigen value) pada 3 sumbu mencapai 81.39% dengan nilai pada masing-masing sumbu secara berurut adalah $F1 = 0.4831$, $F2 = 0.2182$, $F3 = 0.1035$. Banyaknya ragam terjelaskan pada 3 sumbu utama pertama mencapai 81.39% dengan nilai pada masing-masing sumbu secara berurut adalah $F1 = 48.85\%$, $F2 = 22.07\%$ dan $F3 = 10.4\%$. Akumulasi ragam terjelaskan dalam 3 sumbu yang mencapai 81.39% menunjukkan bahwa dengan mereduksi data hingga menggunakan 3 sumbu maka asosiasi antar jenis plankton dengan stasiun pengamatan dapat dijelaskan meskipun kehilangan sebagian informasi sekitar 18.61%.

Hasil analisis CA memperlihatkan bahwa 3 observasi di Stasiun A baik pada saat pasang maupun surut (A11, A21, A31, A21, A22, A32) bersama-sama dengan jenis plankton *Pediastrum sp*, *Arthrospira sp*, *Nitzschia sp*, *Tetrasum sp*, dan *Navicula sp* berkontribusi cukup besar dalam pembentukan sumbu utama pertama (F1). Plot sebaran jenis plankton (eow) dan observasi (colum) memperlihatkan bahwa jenis-jenis plankton seperti *Pediastrum sp*, *Arthrospira sp*, *Nitzschia sp*, *Tetrastrum sp*, dan *Navicula sp* berasosiasi cukup kuat dengan observasi di stasiun A terutama pada saat surut (A11, A21, A31) seperti ditunjukkan pada gambar 16. Jenis-jenis plankton lainnya tidak menunjukkan asosiasi yang kuat dengan stasiun pengamatan tertentu yang ditunjukkan dengan

persebaran yang cenderung mendekati pusat sumbu, hasil lengkap analisis CA ditunjukkan dalam lampiran 7.



Gambar 16. Plot Observasi Sebaran Plankton pada Sumbu Utama Pertama dan Kedua

Jika dikaitkan dengan hasil analisis PCA dimana ketiga pengamatan di stasiun A terutama pada saat surut dicirikan dengan variabel salinitas dan pH rendah dan kadar Pb tinggi maka preferensi habitat jenis plankton dapat dijelaskan. Jenis plankton *Pediatrum* sp, *Arthrospira* sp, *Nitzschia* sp, *Tetrastrum* sp dan *Navicula* sp yang berasosiasi dengan stasiun A pada saat surut diduga memiliki preferensi habitat yang menyebabkan pertumbuhannya optimal pada saat lingkungan itu memiliki salinitas rendah dan kandungan Pb tinggi.

Menurut Gilbert et al., (2001) Jumlah fitoplankton yang berlebih dalam perairan juga dapat berpotensi membunuh berbagai jenis biota laut secara massal karena keberadaan fitoplankton mengurangi jumlah oksigen terlarut. Kemungkinan lain adalah insang-insang ikan penuh dengan fitoplankton sehingga lendir pembersihannya

menggumpal karena fitoplanktonnya berlebih dan ikan pun sulit bernafas. Selain itu, ada juga yang memiliki sifat beracun berat dimana dapat menyebabkan berbagai macam penyakit perut dan system saraf seperti : *Dinophysis sp* (Dinoflagellata) menyebabkan Amnesic Shellfish Poisoning (ASP), *Nitzschia sp* (Diatom) menyebabkan Ciguatera Fishfood Poisoning (CFP), *Prorocentrum sp* (Dinoflagellata) menyebabkan racun Cynobacterium.

Genus yang pada umumnya digunakan sebagai bioindikator di perairan adalah anggota kelas Chyanophyceae dan kelas Bacillariophyceae, yang terdapat di lokasi penelitian adalah anggota kelas Chyanophyceae yang terdiri dari *Oscillatoria sp*. Menurut Conradie (2008), *Oscillatoria sp* diketahui memiliki kemampuan bertahan terhadap perubahan kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Hal ini dimungkinkan karena *Oscillatoria sp* memiliki sel pembungkus (Cell Envelope = CE) yang berlapis dan selubung (Sheath = S). Selubung atau sheath akan terbentuk pada kondisi lingkungan sub optimal atau dibawah cekaman. Kondisi inilah yang membuat *Oscillatoria sp* mampu bertahan hidup pada kondisi lingkungan perairan yang tercemar (Pramitha, 2010).

Komposisi zooplankton pada lokasi penelitian lebih didominasi oleh *Copepoda sp*. Zooplankton ini sendiri merupakan salah satu komponen dalam rantai makanan yang diukur dalam kaitannya dengan nilai produksi suatu ekosistem. Hal ini dikarenakan zooplankton berperan ganda baik sebagai konsumen pertama maupun konsumen kedua. Zooplankton itu sendiri sebagai penghubung rantai makanan antara fitoplankton dan nekton (Priyanto, 2008). Hewan kecil ini juga sangat penting bagi ekonomi ekosistem perairan dimana sebagai rantai makanan yang penting antara produksi primer fitoplankton dengan karnivora besar dan kecil.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Ada perbedaan kandungan logam berat Pb dan Cr antar sungai, muara dan pantai. Hasil uji Tuckey menjelaskan bahwa kandungan logam berat pada laut berbeda dengan sungai dan muara tetapi sungai dan muara tidak berbeda.
- Berdasarkan analisis logam berat pada air ditemukan bahwa kandungan logam berat diperairan Sungai Tallo Makassar diatas ambang rata-rata baik pasang maupun surut dari semua stasiun baik stasiun A (Sungai), B (Muara), dan C (Pantai). Olehnya itu tidak disarankan untuk dilakukan kegiatan budidaya dan mengkonsumsi biota perairan dalam hal ini kerang secara berlebihan dan terus menerus.
- Parameter lingkungan yang terukur di perairan Sungai Tallo Makassar seperti suhu, pH, salinitas, kecerahan, kecepatan arus, dan BOT masih dalam kondisi normal.
- Plankton sebagai bioindikator parameter suatu perairan menunjukkan adanya jenis fitoplankton yang bisa menyebabkan blooming dan juga menyebabkan penyakit pada biota perairan, contoh ikan, seperti *Prorocentrum sp* dari kelompok dinoflagellate.

5.2 Saran

- Perlu adanya sosialisasi ke masyarakat yang tinggal disekitar perairan Tallo Makassar terkait bahaya mengkonsumsi kerang yang tercemar logam berat dan bahaya terhadap usaha budidaya terutama biota budidaya dan masyarakat yang mengkonsumsi hasil dari usaha budidaya tersebut di perairan Tallo Makasar yang tercemar logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, H., M. Affandi dan B. Irawan. 2012. Keanekaragaman dan Pola Distribusi Longitudinal Kerang Air Tawar di Perairan Sungai Brantas. Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.
- Afu, La Ode Alirman (2005). Pengaruh Limbah Organik Terhadap Kualitas Air Perairan Teluk Kendari Sulawesi Tenggara (Tesis). Bogor: Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Agustina, T. 2010. *Jurnal - Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan dan Dampaknya Pada Kesehatan*. Semarang: UNNES.
- Andi Nur Ismi S. *Distribusi dan Keanekaragaman Bivalvia di Perairan Puntondo Kabupaten Takalar*. (Skripsi Biologi. Universitas Islam Negeri Allaudin Makasar. Sulawesi Selatan.2012).h.22-23.
- Bernawis, L. I. 2000. Temperature and Pressure on El-Nino 1997 and LaNina 1998 in Lombok Strait. Proceeding of The JSPS-DGHE International Symposium on Fisheries Science in Tropical Area. Agricultural University of Bogor, 21–25 August 2000, Bogor, Indonesia. 584 pp.
- Conradie, KR, Plessis SD, dan Venter A, 2008. School of Environmental Science and Development: Botany. *South African Journal of Botany* 74 (2008) : 101-110
- Fitrianti. *Keanekaragaman dan Distribusi Bivalvia di Estuari Mangrove Belawan Sumatera Utara*. (Tesis.FMIPA Universitas Utara.2014),h.7.
- Gilbert, P.M.R, Magnien, M.W. Lomas, J.Alexander, C. Fan, E. Haramoto, M.Trice and T.M. Kana. "Harmful Algal Blooms In The Chesapeake and Coastal Bays Of Maryland". (USA: 2001).
- Ginting, E. D. D., Susetya, I. E., Patana, P., Desrita. 2017. Identifikasi Jenis-jenis Bivalvia di Perairan Tanjung Balai Provinsi Sumatera Utara. *Aquatic Sciences Journal*. 4 (1) : 13 - 20.
- Gosling, E. 2004. Bivalve Mollusc Biology, Ecology and Culture. Fishing News Books An imprint of Blackwell Science.
- Harahap. 2007. *Jurnal - Pengaruh Pencemaran terhadap Pertumbuhan Kerang hijau (Pernaviridis) sebagai satu telaah Studi Baku Mutu Lingkungan Perairan Laut*. Jakarta : Bulletin Pen.
- Henson MC & Chedrese PJ. 2004. Endocrine Disruption by Cadmium, a Common Environmental Toxicant with Paradoxical Effects on Reproduction. *Exp Biol Med (Maywood)*; 383-392.

- Hidayat, N., 2005, Kajian Hidro-Oseanografi untuk Deteksi Proses-Proses Fisik di Pantai, Jurnal SMARTek, 3 (2), pp. 73 s.d 85
- Hidayat A., dan Ana U Z. 2018. Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) dalam Kerang Hijau (*Perna Viridis*) di Muara Sungai Tallo Kota Makassar Tahun 2016. Prosiding Kolokium Doktor dan Seminar Hasil Penelitian Hibah/ 2018; 1 (1): 13-24.
- Indriana, L. F., S. Anggoro. dan I. Widowati. 2011. Studi Kandungan Logam Berat pada Beberapa Jenis Kekerangan dari Perairan Pantai di Kabupaten Flores Timur. J. Perikanan. 8 (1): 44-50.
- Insafitri. *Keanekaragaman, Keseragaman, dan Dominansi BIVALVIA di Area Buangan Lumpur Lapindo Muara Sungai Porong*. Jurnal Kelautan. Vol 3(1). ISSN:1907-9931.2010. h.1.
- Kar et al., 2008. Assessment of Heavy Metal Pollution in Surface Water. International Journal on Environment, Science and Technology Vol 5 No 1 pp 119-124.
- KMNLH. (2004). Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Tentang baku mutu air laut. Jakarta-Indonesia: Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Kurniasari L, Riwayati I, Suwardiyono. Pektin Sebagai Alternatif Bahan Baku Biosorben Logam Berat. Momentum, 2012; 8(1):1-5.
- Larashati, S. 2004. *Reduksi Krom (Cr) Secara In Vitro Oleh Kultur Campuran Bakteri Yang Di isolasi Dari Lindi Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA)*. Thesis ITB.
- Marwan, A.H., Widyorini, N., & Nitisupardjo, M., 2015. Hubungan Total Bakteri dengan Kandungan Bahan Organik Total di Muara Sungai Babon, Semarang. Diponegoro Journal of Maquares. 4(3) : 170–179. DOI: 10.14710/marj.v4i3.9395.
- Mohamed, S., Elshal, M., Kumosani, T., Mal, A., Ahmed, Y., Almulaiky Zamzami, M. Heavy Metal Accumulation is Associated With Molecular and Pathological Perturbations in Liver of Variola Louti From the Jeddah Coast of Red Sea. International journal of environmental research and public health. 2016; 13 (3).
- Moore, J. (2006). *An Introduction to The Invertebrates*. Second Editon. United States of America. Cambride :University Press Newyork.
- Mudgal V, dkk. (2010). Ef ect of toxic metals on human health. *Open Nutraceuticals J 3*: 94–99.
- Mulyani, B. 2004. *Analisis Variasi Biomassa Saccharomyces cerevisiae Terhadap Serapan Logam Krom*. Sain. 2 (4) : 1-9.

- Mukono. 2008. Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan. Surabaya: Airlangga university Press
- Muslim B. 2018. Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Air dan Tiram (Crassostrea Sp) di Pantai Mangara Bombang Kecamatan Tallo Makassar. Skripsi. Universitas Alauddin Makassar: Makassar; 2018.
- Nasir A, Muhammad L dan Nurfadillah, "Ratio of Nutrient and Diatom-Dinoflagellate community In Spremonde Waters, South Sulawesi" Jurnal Perikanan dan Kelautan, Vol. 3 No. 1 (Bandung: Universitas Padjajaran, 2012).
- Neil A. Campbell, et. Al. *Biologi*(jakarta : Erlangga, 2005), h. 252.
- Nugroho, A. S, S. D. Tanjung dan B. Hendrarto. **2013**. Danau Rawapening sebagai Sumber Belajar Ekologi. Dalam: Prosiding Semnas Biodiversitas Juni **2014**. Universitas PGRI Semarang, Semarang, 91–102. **2014**. Kondisi Fisiografi dan Fisiko-Kimia Perairan pada Zona Littoral Danau Rawapening. 10(1): 1–10.
- Nur Asia. Dinamika Populasi Plankton Dalam Area Pusat Penangkapan Benur dan Nener di Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan (2004).
- Nur F. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kerang Kima Sisik (*Tridacna squmosa*) di Sekitar Pelabuhan Feri Bira. Prosiding Seminar Nasional Mikrobiologi Kesehatan dan Lingkungan: Makassar; 2015.
- Nurjanah, dkk. Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb Daging Kijing Lokal (*Pilsbryconcha exilis*) Dari Perairan Situ Gede, Bogor. Jurnal No. 1. IPB. 2012.
- Palar H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit Rieneka Cipta. Jakarta.
- Paramita R W., Eka W., dan Kancitra P. Kandungan logam berat kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) di air permukaan dan sedimen studi kasus Waduk Saguling Jawa Barat. Jurnal online institute teknologi nasional: 5 (2); 2017.
- Patty, S. I., Arfah, H., Abdul, M., S. 2015. Zat Hara (Fosfat, Nitrat), Oksigen Terlarut Kaitannya dengan Kesuburan di Perairan Jikumerasa, Pulau Buru. Jurnal Pesisir dan laut Tropis, 1(1):43-50.
- Peraturan Pemerintah (PP) RI No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Paramita R W., Eka W., dan Kancitra P. Kandungan logam berat kadmium (Cd) dan Kromium (Cr) di air permukaan dan sedimen studi kasus Waduk Saguling Jawa Barat. Jurnal online institute teknologi nasional: 5 (2); 2017.

- Pramitha SA, 2010. *Analisis Kualitas Air Sungai Aloo, Sidoarjo berdasarkan Keanekaragaman dan Komposisi Fitoplankton*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Priyanto, N. Dwiwitno, dan A. Farida. 2008. Kandungan logam berat (Hg, Pb, Cd dan Cu) pada ikan, air, dan sedimen di waduk cirata, Jawa Barat. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, Vol. 3(1): 69-78.
- Putra, R. 2008. Morfologi Cangkang Kerang Air Tawar Famili Unionidae (Moluska: Bivalvia) di Perairan Situ Gede Bogor. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor. 20 hlm.
- Putri, R. A., T. Haryono, dan S. Kuntjoro. 2012. Keanekaragaman Bivalvia dan Perannya Sebagai Bioindikator Logam Berat Kromium (Cr) di Perairan Kenjeran, Kecamatan Bulak Kota Surabaya. *J. Lentera Biologi*. 1 (2): 87-91.
- Rahmadiani, W.D., & Aunurohim. (2013). Bioakumulasi logam berat cadmium (Cd) oleh *Chaetoceros calcitrans* pada konsentrasi sublethal. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2), 202-206.
- Ramadani, A. H., M. Affandi dan B. Irawan. 2012. Keanekaragaman dan Pola Distribusi Longitudinal Kerang Air Tawar di Perairan Sungai Brantas. Departemen Biologi, Universitas Airlangga Surabaya, 1(1): 1-8.
- Rochyatun, E., K. Taufik, dan R. Abdul. 2006. Distribusi logam berat dalam air dan sedimen di perairan muara sungai Cisedane. *J Makara Sains*, Vol. 10 (1): 35-40.
- Rukminasari, N., Nadiarti, & Awaluddin, K. 2014. Pengaruh derajat Keasaman (pH) Air Laut Terhadap Konsentrasi Kalsium dan Laju Pertumbuhan Halimeda SP. *Jurnal Torani (Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan)*, 24(1):28- 34
- Rumampuk C.D N, Rompas Max R, Kasan R. Telaah Kandungan Arsen pada Sedimen di Estuari Sungai Marisa, Kabupaten Pohuwato, Gorontalo. 2015;62-8.
- Sarjono, A. 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb dan Hg Pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara.
- Schiavon, M. E. A. H. Pilon. Smits, M. Wirtz, R. Hell and M. Malagoli. 2008. Interactions Between Chromium And Sulfur Metabolism In *Brassica juncea*. *Journal Of Environmental Quality*. 37 : 1536-1545.
- Sektiana, S.P. (2008). *Pengembangan Medium Untuk Kultur Semi Massal Diatom Laut, Chaetoceros gracilis Schutt*. Tesis. Pascasarjana. IPB Bogor, 135 pp.
- Setyono, D. E. D. 2006. Karakteristik Biologi dan Produk Kekekangan Laut. *Jurnal Oseana*. XXXI (1) : 1-3.
- Siaka, I. M. 2008. Korelasi Antara Kedalaman Sedimen di Pelabuhan Benoa dan Konsentrasi Logam Berat Pb dan Cu. *Jurnal Kimia* 2 (2): 61-70

- Sitorus, Dermawan. 2008. *Keanekaragaman dan Distribusi Bivalvia Serta Kaitannya Dengan Faktor Fisik-Kimia di Perairan Pantai Lambu Kabupaten DeliSerdang*.(online).http://www.edu2000.org/portal/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=269 diakses tanggal 11 Februari 2011.
- Skinner, A., M. Young dan L. Hastie. 2003. Ecology of the Freshwater Pearl Mussel Margaritifera margaritifera. *Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series*, (2):1-16.
- Standar Nasional Indonesia, *Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan*, 2009.
- Supenah, P., Endang W, dan Rawuh EP, 2015. Kajian kualitas air sungai condong yang terkena buangan limbah cair industri batik trusmi Cirebon. *J Biosfera* Vol. 32(2): 113-118.
- Suprapti, N. H. Kandungan Chromium pada Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sungai Sayung, Desa Morosari Kabupaten Demak Jawa Tengah. *Bioma J.* 10 (2) : 53-56.
- Susana, T. (2009). Tingkat Keasaman (pH) Dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 5(2), 33-39
- Sutamihardja, 2006. Toksikologi Lingkungan. Buku Ajar Program Studi ilmu Lingkungan Universitas Indonesia. Jakarta.
- Tabugo, S. R. M., J. O. Pattujan., N. J. J. Sespense. and A. J. Jamasali. 2013. Some Economically Important Bivalves and Gastropods found in the Island of Hadji Panglima Tahil, in the province of Sulu, Philippines. *J. International Research of Biological Sciences.* 2 (7) : 30-36.
- Taftazani, A., Muzakky, dan Sumining. 2005. Evaluasi Kadar Logam Berat Dalam Sampel Lingkungan Pantai Indramayu Dengan Teknik Analisis Aktivasi Neutron. *Prosiding PPI – PDIPTN 2005*, ISSN: 0216 – 3128. Puslitbang Teknologi Maju – Batan. Jogjakarta.
- Tubalaworthy, S. 2001. Pengaruh FaktorFaktor Oseanografi Terhadap Prokduktivitas Primer Perairan Indonesia. Makalah Filsafah Sains (Pps 702) Program Pasca Sarjana / S3 IPB. Bogor (tidak diterbitkan).
- Ummi Kalsum. Kadar Kromium dan Kadmium di Perairan Sungai Tallo. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Muslim Indonesia; 2016.
- Wardhana, Wisnu Arya 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit ANDI. Yogyakarta.

WHO. (2004). Guidelines for drinking-water quality. Sixty-first meeting, Rome, 10–19 June 2003. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives.

Yulianti (2010) Akumulasi logam Pb di Perairan Sungai Sail dengan Menggunakan Bioakumulator Enceng Gondok. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 15(1): 39-49.

Yuningsih, H.D., Soedarsono, P., & Anggoro, S., 2014. Hubungan Bahan Organik dengan Produktivitas Perairan pada Kawasan Tutupan Enceng Gondok Perairan Terbuka dan Keramba Jaring Apung di Rawa Pening. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(1): 37-43. DOI: 10.14710/ marj.v3i1.4284

Yusuf, G. 2008. Bioremediasi Limbah Rumah Tangga dengan Sistem Simulasi Tanaman Air. *Buku Ajar*. Fakultas MIPA – Universitas Islam Makassar.

Zuraida R., R. Rahardiawan, Subarsyah, K. T. Dewi, H. Widhi, T. A. Soeprapto, N. Yuyu, I.Adhirana, Y. Permanawati, A. Ibrahim, A.Saefudin, A. Subekti, Mulyono, Supriyatna, Heriyanto, D. Eko, 2010, Laporan Akhir Penelitian Lingkungan dan Kebencanaan Geologi Kelautan Perairan Teluk Jakarta (Tanjung Kait – Muara Gembong), *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan*.

BOSOWA

