

**ANALISIS KADAR METALLOTHIONEIN HUBUNGANNYA DENGAN KADAR
LOGAM BERAT PADA JARINGAN GASTROPODA JENIS *Sulcospira
testudinaria* di ALIRAN SUNGAI BRANTAS WILAYAH KEDIRI DAN
JOMBANG JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Oleh :

**ADI FAUZUL AZHIM
NIM. 155080107111014**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

**ANALISIS KADAR METALLOTHIONEIN HUBUNGANNYA DENGAN KADAR
LOGAM BERAT PADA JARINGAN GASTROPODA JENIS *Sulcospira
testudinaria* di ALIRAN SUNGAI BRANTAS WILAYAH KEDIRI DAN
JOMBANG JAWA TIMUR**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
Di Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh :

**ADI FAUZUL AZHIM
NIM. 155080107111014**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBER DAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS KADAR METALLOTHIONEIN HUBUNGANNYA DENGAN KADAR LOGAM BERAT PADA JARINGAN GASTROPODA JENIS *Sulcospira testudinaria* di ALIRAN SUNGAI BRANTAS WILAYAH KEDIRI DAN JOMBANG JAWA TIMUR

Oleh:

Adi Fauzul Azhim

NIM. 155080107111014

Telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 17 Mei 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

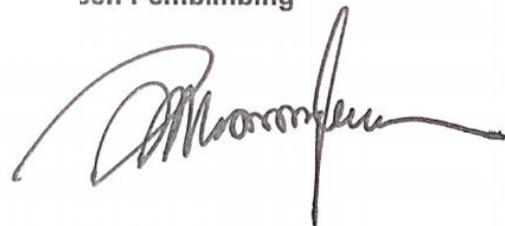
Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP



Dr. Ir. M. Firdaus, MP
NIP. 19680919 200501 1 001

Tanggal : 12 JUL 2019

Menyetujui,
sen Pembimbing



Dr. Agus Maizar S.H., S.Pi. MP
NIP. 19720529 200312 1 001

Tanggal : 12 JUL 2019

LEMBAR IDENTITAS PENGUJI

Judul : **ANALISIS KADAR METALLOTHIONEIN
HUBUNGANNYA DENGAN KADAR LOGAM BERAT
PADA JARINGAN GASTROPODA JENIS *Sulcospira
testudinaria* di ALIRAN SUNGAI BRANTAS WILAYAH
KEDIRI DAN JOMBANG JAWA TIMUR**

Nama : Adi Fauzul Azhim

NIM : 155080107111014

Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

PENGUJI PEMBIMBING

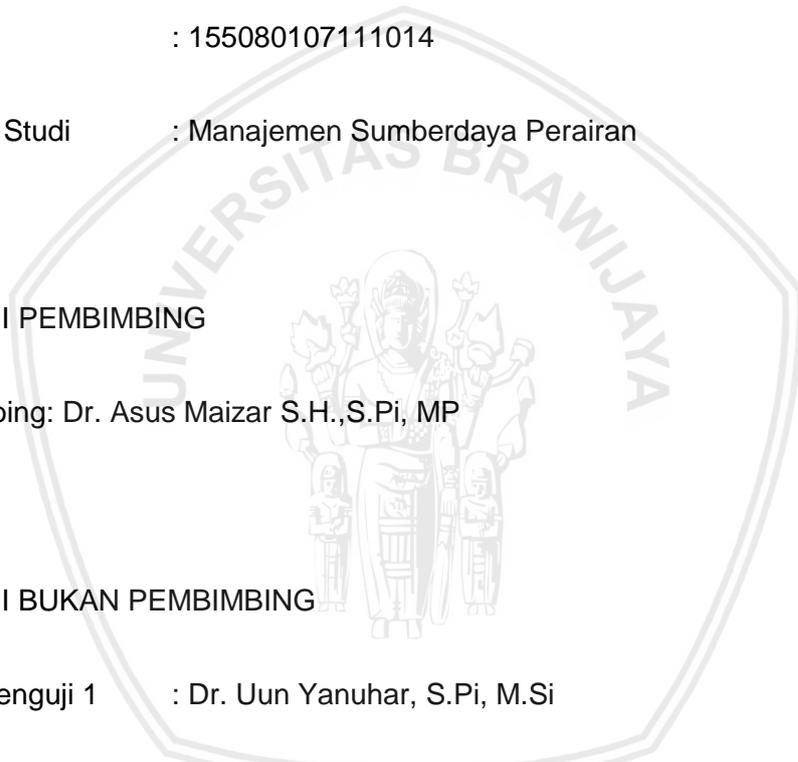
Pembimbing: Dr. Asus Maizar S.H.,S.Pi, MP

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING

Dosen Penguji 1 : Dr. Uun Yanuhar, S.Pi, M.Si

Dosen Penguji 2 : Evellin Dewi Lusiana, S.Si., M,Si

Tanggal Ujian : 17 Mei 2019



PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi dengan judul “Analisis Kadar Metallothionein Hubungannya Dengan Kadar Logam Berat pada Keseluruhan Jaringan Gastropoda Jenis *Sulcospira testudinaria* di Aliran Sungai Brantas Wilayah Kediri Dan Jombang Jawa Timur” yang saya tuliskan ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, April 2019

Adi Fauzul Azhim

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam membantu kelancaran hingga penulisan laporan skripsi ini dapat diselesaikan.

Terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
2. Kedua orang tua, papah Anis fauzi dan mamah Humaeroh yang selalu memberi semangat dan do'a dalam proses pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Dr.Ir. Asus Maizar S.H., S.Pi, MP selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu dan sarannya kepada penulis, sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan ini.
4. Bapak Budi selaku laboran Fakultas Kedokteran Universitas brawijaya.
5. Teman-teman satu bimbingan skripsi yang telah membantu dan memberi saran serta semangat.
6. Sulton effendi, Saddam Langkung Djaduk, Biandi B Alya, Diky Ridho H, Kahfi Al-Aufa, M. Dzacky, Aang anjasmara, Dimas Bagus P, Rahma David, Ego Anata, Sandro Wahyu, Ozie yang telah memberikan motivasi kepada penulis.
7. Fajrin Anwar H, Luthfia ayu, Nina Rahma dan seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian laporan ini.

Malang, 13 April 2017

Adi Fauzul Azhim

RINGKASAN

Adi Fauzul Azhim. 155080107111014. Analisis Kadar Metallothionein Hubungannya Dengan Kadar Logam Berat pada Keseluruhan Jaringan Gastropoda Jenis *Sulcospira Testudinaria* di Aliran Sungai Brantas Wilayah Kediri Dan Jombang Jawa Timur (di bawah bimbingan **Dr. Asus Maizar S.H., S. Pi, MP**).

Perkembangan teknologi dan industri yang pesat belakangan ini ternyata membawa dampak bagi kehidupan organisme baik dari segi positif maupun negatif yang mengakibatkan kondisi lingkungan menurun. Lingkungan perairan menjadi salah satu yang terkena dampak penurunan kondisi lingkungan. Hal ini dikarenakan pencemaran yang terjadi hampir diseluruh wilayah terdistribusikan melalui sungai. Salah satu sumber pencemaran yang sering ditemukan diperairan ialah logam berat misalnya merkuri (Hg), timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang termasuk ke dalam kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Logam berat dihasilkan dari aktivitas manusia yang memasukan buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik ke dalam lingkungan sehingga mengakibatkan pencemaran. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari-Maret 2019. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis kadar logam berat dan metallothionein serta menganalisis hubungan kadar metallothionein dengan kadar logam berat pada jaringan gastropoda jenis *sulcospira testudinaria* di sungai Brantas wilayah Kediri dan Jombang Jawa Timur.

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan teknik survei. Penentuan sampel pada penelitian ini terdiri atas 3 titik yang berbeda. Pengambilan sampel siput di 3 stasiun, yaitu stasiun 1 berlokasi di tambang pasir, stasiun 2 berlokasi di pemukiman yang berdekatan dengan pabrik rokok dan stasiun 3 berlokasi di dekat saluran pembuangan limbah industri penyedap rasa, dengan melakukan pengulangan pengambilan sampel sebanyak 3 kali dari tiap stasiun pengamatan. Siput yang sudah dikumpulkan dari lokasi penelitian kemudian diambil seluruh organnya, dianalisis kadar logam berat (Pb, Cd dan Hg) menggunakan metode AAS serta dianalisis untuk mengetahui kadar metallothionein pada seluruh jaringan siput *S.testudinaria* menggunakan metode ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*) dan dilakukan pengamatan kualitas air yang terdiri dari suhu, derajat keasaman (pH) dan oksigen terlarut.

Berdasarkan hasil rata-rata pengukuran sampel siput dapat diketahui bahwa pada keseluruhan organ siput *S. testudinaria* yang diperoleh dari ketiga stasiun mengakumulasi logam berat Pb, Cd dan Hg dengan kadar logam berat yang masih dibawa baku mutu. Hasil rata-rata pengukuran metallothionein pada stasiun 3 lebih tinggi dibandingkan kedua stasiun lainnya. Hasil hubungan logam berat terhadap kadar metallothionein pada keseluruhan jaringan *S.testudinaria* pada stasiun 1 menunjukkan hubungan korelasi (r) yang kuat, hal ini dibuktikan dengan tingkat koefisien korelasi (r) >0.8 . Berdasarkan hasil kualitas air dari beberapa pengukuran sampel diketahui bahwa kualitas air masih tergolong aman untuk kehidupan organisme perairan.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia yang diberikan-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini yang berjudul "**ANALISIS KADAR METALLOTHIONEIN HUBUNGANNYA DENGAN KADAR LOGAM BERAT PADA JARINGAN GASTROPODA JENIS *Sulcospira Testudinaria* DI ALIRAN SUNGAI BRANTAS WILAYAH KEDIRI DAN JOMBANG JAWA TIMUR**". Tujuan dibuatnya skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dan kesempurnaan tulisan ini sehingga dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Malang, 3 April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR IDENTITAS PENGUJI	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
UCAPAN TERIMAKASIH	vi
RINGKASAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Kegunaan Penelitian	5
1.5 Waktu dan Tempat	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sungai Brantas	7
2.2 Siput <i>Sulcospira testudinaria</i>	8
2.2.1 Taksonomi <i>Sulcospira testudinaria</i>	9
2.2.2 Morfologi <i>Sulcospira testudinaria</i>	9
2.2.3 Fisiologi Siput	9
2.2.4 Habitat dan Kebiasaan Makan	10
2.3 Metallothionein (MT)	10
2.4 Pengikatan Logam Berat Oleh Metallothionein	11
2.5 Pengamatan Metallothionein dengan Metode ELISA	14
2.6.1 Timbal (Pb)	15
2.6.2 Merkuri (Hg)	16
2.6.3 Kadmium (Cd)	17
2.7 Kondisi Fisika dan Kimia Air	18
2.7.1 Suhu	18
2.7.2 Derajat Keasaman (pH)	19
2.7.3 Oksigen Terlarut (DO)	20
3. MATERI DAN METODE	21
3.1 Materi Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Metode Penelitian	21
3.4 Prosedur Penelitian	23
3.5 Prosedur Pengujian Sampel	23
3.5.1 Prosedur Pengukuran Kadar Logam Berat pada siput <i>Sulcospira testudinaria</i>	23
3.5.2 Prosedur Pengukuran Kadar Metallothionein pada keseluruhan organ <i>Sulcospira testudinaria</i>	24
3.6 Analisis Data	26

3.7 Metode Analisis Kualitas Air	26
3.7.1 Parameter Fisika	27
3.7.2 Parameter Kimia.....	27
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Kondisi Umum Sungai Brantas	29
4.2 Deskripsi Tempat Pengambilan Sampel.....	30
4.2.1 Stasiun 1	31
4.2.2 Stasiun 2.....	31
4.2.3 Stasiun 3.....	32
4.3 Kadar Logam Berat Pada Siput <i>Sulcospira testudinaria</i>	33
4.4 Kadar Metallothionein pada keseluruhan organ siput <i>Sulcospira testudinaria</i>	36
4.5 Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput <i>Sulcospira testudinaria</i>	38
4.5.1 Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput <i>Sulcospira testudinaria</i> di Stasiun 1.....	39
4.5.2 Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput <i>Sulcospira testudinaria</i> di Stasiun 2.....	41
4.5.3 Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput <i>Sulcospira testudinaria</i> di stasiun 3	43
4.6 Parameter Kualitas Air.....	45
4.6.1 Suhu	45
4.6.2 Derajat Keasaman (pH).....	47
4.6.3 Oksigen Terlarut	49
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN.....	61



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Nilai Hasil Logam berat pada gastropoda.....	12
2. Panjang Cangkang <i>Sulcospira testudinaria</i>	30
3. Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alur Perumusan Masalah.....	4
2. Sulcospira testudinaria.....	9
3. Stasiun pengambilan sampel.....	31
4. Stasiun Pengambilan Sampel.....	32
5. Stasiun Pengambilan Sampel.....	33
6. Grafik Rata-Rata Logam Berat Pada Keseluruhan organ Sulcospira	34
7. Grafik Rata-rata Metallothionein Pada Keseluruhan organ Sulcospira	37
8. Grafik hubungan kadar logam berat Pb(A), Cd (B) dan Hg (C)	39
9. Grafik hubungan kadar logam berat Pb (A), Cd (B) dan Hg (C)	41
10. Grafik hubungan kadar logam berat Pb (A), Cd (B) dan Hg (C).....	43
11. Grafik pengukuran Suhu pada lokasi penelitian	46
12. Grafik pengukuran pH pada lokasi penelitian.....	48
13. Grafik pengukuran Oksigen Terlarut pada lokasi penelitian	49



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Daftar Alat dan Bahan Penelitian	612
2. Peta Lokasi Penelitian	623
3. Data Hasil Pengukuran Logam Berat.....	65
4. Data Hasil Pengukuran Metallothionein	71
5. Hubungan Antara Kadar Logam Berat Dengan Kadar Metallothionein Pada S. <i>testudinaria</i>	712
6. Dokentasi Kegiatan.....	803



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai memiliki peranan penting dalam menopang kehidupan organisme disekitarnya. Salah satu sungai yang berperan penting dalam kehidupan masyarakat ialah sungai berantas yang aliran nya mengalir hampir disuluruh Provinsi Jawa Timur sehingga disebut dengan aliran Brantas (Yeti *et al.*, 2011). Perkembangan pada kawasan aliran Brantas yang cukup pesat dari segi penduduk dan industri membuat penggunaan air dan pencemaran turut meningkat (Pusat Penelitian Sumberdaya Air LIPI dan Perum Jasa Tirta, 2002).

Pencemaran pada sungai berasal dari limbah kegiatan industri, pertanian dan kegiatan rumah tangga yang dibuang langsung ke badan air sehingga menghasilkan dampak buruk bagi ekosistem dan organisme didalamnya. Wardhana (2004) mengungkapkan bahwa pembuangan limbah dilakukan dengan cara menyalurkan irigasi atau saluran secara langsung menuju badan sungai. Sungai yang merupakan distributor alami akan mengalami membawa bahan pencemar dan memindahkannya dari satu tempat ke tempat lainnya. Hal ini mengakibatkan kerusakan ekosistem yang akan terjadi di sepanjang aliran sungai. Bagi biota perairan, pencemaran akan merusak fungsi fisiologis seperti metabolisme, sistem pencernaan dan sistem pernafasan (Pratiwi, 2010).

Pencemaran yang berada pada lingkungan perairan ada yang bersifat tidak beracun (*non toxic*) dan beracun (*toxic*). Pencemaran yang bersifat tidak beracun keberadaannya terdapat pada ekosistem dalam jumlah yang sedikit, namun bila jumlahnya berlebih dapat mengganggu kesetimbangan ekosistem sehingga terjadinya perubahan kualitas perairan seperti halnya nutrient yang jika jumlahnya berlebih akan terjadi *blooming algae*. Adapun pencemaran yang beracun keberadaannya dipicu oleh aktifitas manusia. Bahan pencemaran ini sulit

untuk didegradasi sehingga keberadaannya persisten di lingkungan pada jangka waktu yang relatif lama. Bahan pencemar beracun dalam jumlah yang melebihi batas baku mutu dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan kematian bagi organisme, salah satu bahan pencemar beracun yang sering diproduksi oleh manusia ialah logam berat.

Secara alami, logam berat bersumber dari lapisan bumi dan dapat masuk ke dalam lingkungan dengan jumlah yang rendah. Dengan jumlah yang relatif sedikit logam berat dibutuhkan untuk proses pertumbuhan dan perkembangan sel-sel organisme. Akan tetapi dengan jumlah konsentrasi logam berat yang tinggi dapat menyebabkan kematian jika terakumulasi dalam tubuh organisme. Kematian ini dikarenakan logam berat memiliki sifat racun sehingga dapat mematikan organisme meski dalam konsentrasi yang rendah. Keberadaan logam berat pada saat ini meningkat pada lingkungan yang sering mengalami pembuangan limbah domestik dan limbah dari aktifitas industri.

Perkembangan industrialisasi memiliki potensi pencemaran lingkungan baik dalam bentuk padat, gas maupun cair yang mengandung senyawa organik dan anorganik. Limbah dalam bentuk anorganik mengandung senyawa racun (*toxic material*) salah satunya logam berat misalnya merkuri (Hg), timbal (Pb) dan kadmium (Cd) (Said, 2010). Rondonuwu (2014), mengungkapkan bahwa merkuri (Hg), timbal (Pb) dan kadmium (Cd) merupakan jenis logam berat yang termasuk kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) karena dapat membahayakan makhluk hidup dan mencemari lingkungan akibat kadar racun yang tinggi. Logam berat yang diakumulasi dalam tubuh hewan air akan merusak atau menstimulasi sistem enzimatik, yang berakibat dapat menimbulkan penurunan kemampuan adaptasi bagi hewan yang bersangkutan terhadap lingkungan yang tercemar (Widyaningrun dan Suharyanti, 2011).

Sebagian besar organisme memiliki protein yang dinamakan dengan protein metallothionein. Protein metallothionein secara alami memiliki kemampuan menangkap dan mereduksi logam-logam yang masuk ke dalam jaringan tubuh organisme. Metallothionein (MT) merupakan protein pengikat logam (*metal-binding protein*) yang berperan dalam proses pengikatan ataupun penangkapan logam di dalam jaringan setiap makhluk hidup. Dengan kemampuannya menangkap logam yang masuk, keberadaan protein metallothionein dapat digunakan sebagai biomarker atau penanda keberadaan bahan pencemaran karena kepekaannya dalam menyerap logam (Bebianno *et al.*, 2003).

Keberadaan protein metallothionein pada organisme sebagai bentuk pertahanan diri dari paparan pencemaran logam berat akibat aktifitas manusia membuat organisme tersebut dapat bertahan dari lingkungan yang kurang baik akibat bahan pencemar. Pada pencemaran di sungai akibat buangan limbah, organisme perairan seperti halnya gastropoda jenis *Sulcospira testudinaria* dapat bertahan dari paparan logam berat dengan mengeluarkan protein metallothionein sebagai bentuk pertahanan tubuh.

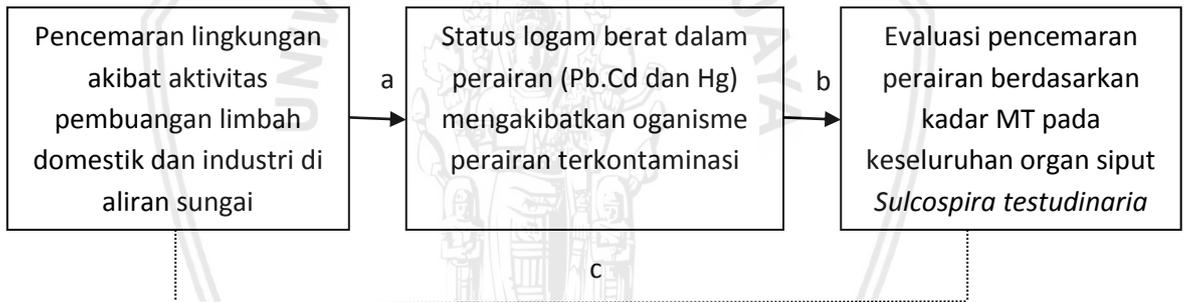
Pendugaan daerah pencemar seperti halnya sungai yang telah terkena dampak pembuangan limbah sangatlah diperlukan guna mengetahui seberapa besar pencemaran yang terjadi. Penelitian mengenai pengaruh pencemaran logam berat di aliran sungai sangat diperlukan dengan cara mengambil sampel dari organisme yang hidup disepanjang sungai dan memiliki sifat kosmopolit (terdistribusi luas) di sepanjang sungai. Fadhillah *et al* (2013), menyatakan bahwa salah satu organisme yang sering ditemukan disepanjang sungai yaitu gastropoda. Gastropoda merupakan hewan yang bergerak dengan menggunakan perut sehingga pergerakannya relatif lebih lambat dan menyebabkan ia tidak bisa bergerak terlalu jauh. Organisme seperti gastropoda memiliki protein metallothionein yang merupakan protein penangkap logam berat

sehingga dapat digunakan sebagai penanda secara biologi (biomarker) pencemaran logam berat

Oleh karena itu penggunaan gastropoda sebagai biomarker pada aliran sungai sangatlah sesuai untuk mengetahui akumulasi logam berat berdasarkan kadar metallothionein pada wilayah yang diduga mengalami pencemaran logam berat. Dengan demikian keberadaan logam berat yang diketahui dengan berdasarkan kadar metallothionein dapat dijadikan sebagai sumber informasi dalam upaya evaluasi pencemaran perairan sehingga dapat membantu dalam upaya pengelolaan kualitas perairan (Dewi *et al.*, 2014).

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian tersebut didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Perumusan Masalah

Dimana:

- a) Aktivitas manusia sekitar DAS Brantas yang membuang limbahnya di badan sungai secara langsung salah satunya logam berat meliputi aktivitas pembuangan limbah industri dan kegiatan rumah tangga yang menghasilkan limbah domestik dapat menyebabkan adanya pencemaran di perairan.
- b) Pencemaran logam berat seperti Pb, Cd dan Hg akan mempengaruhi perubahan kualitas air dan kandungan metallothionein pada tubuh organisme sebagai protein pengikat logam berat.

- c) Ekspresi MT yang terdapat pada keseluruhan organ *Sulcospira testudinaria* sebagai biomarker pencemaran logam berat Pb, Cd dan Hg, diharapkan dapat dijadikan sebagai sumber informasi dalam upaya pengelolaan DAS Brantas wilayah Jombang dan Kediri.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian skripsi adalah:

1. Menganalisis kadar logam berat Pb, Cd dan Hg pada keseluruhan organ *Sulcospira testudinaria*.
2. Menganalisis kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput *Sulcospira testudinaria*.
3. Menganalisis hubungan kadar logam berat Pb, Cd dan Hg terhadap kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput *Sulcospira testudinaria*.

1.4 Kegunaan Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi sumber informasi pada ilmu and sumber informasi dalam mengambil keputusan kebijakan pengelolaan pesisir berdasarkan evaluasi biomarker MT pada keseluruhan organ siput *Sulcospira testudinaria* serta dapat mengendalikan aktivitas penduduk dan juga bahan rujukan bagi ilmu pengetahuan dan teknologi dibidang biomarker lingkungan dengan mengetahui kadar logam berat pada keseluruhan organ *Sulcospira testudinaria*.

1.5 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2019 – Maret 2019. Pembuatan analisis kadar metallothionein dengan prosedur ELISA dilakukan pada Laboratorium Fisiologi dan Ilmu FAAL Fakultas Kedokteran dan analisis kadar logam berat Pb, Cd dan Hg dilakukan pada Laboratorium Kimia

repository.ub.ac.id

Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas
Brawijaya Malang.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sungai Brantas

Sungai Brantas adalah sungai terpanjang yang ada di Provinsi Jawa Timur. Panjangnya yaitu mencapai sekitar 320 km, dengan daerah aliran seluas sekitar 12.000 km². Sungai Brantas bermata air di Desa Sumber Brantas (Kota Batu), Aliran sungai Brantas meliputi 9 Kabupaten yaitu Malang, Blitar, Tulungagung, Trenggalek, Kediri, Nganjuk, Jombang, Mojokerto, dan Sidoarjo dan 6 Kota yaitu Batu, Malang, Blitar, Kediri, Mojokerto, Jombang dan Surabaya. Keberadaan sungai Brantas mengalami degradasi kualitas sungai akibat dampak seperti bertambahnya pemukiman penduduk, kegiatan industri rumah tangga, kegiatan pertanian dan kegiatan seperti pertambangan pasir di sungai yang membuang langsung limbahnya ke sungai sehingga mempengaruhi kualitas airnya (Handayani *et al.* 2001).

Aliran sungai Brantas di Desa Ploso Kabupaten Jombang digunakan sebagai tempat pembuangan pabrik penyedap rasa dan kegiatan penduduk lainnya. Sedangkan di Desa Putih Kecamatan Gampangrejo Kabupaten Kediri digunakan sebagai tempat pembuangan industri rokok dan aktivitas penduduk lainnya. Kegiatan penduduk dan industri yang mengakibatkan sungai Brantas disalahgunakan untuk tempat pembuangan limbah karena letaknya yang berdekatan dengan permukiman penduduk. Kegiatan pembuangan sampah yang dihasilkan dari aktivitas penduduk dan industri dapat menurunkan kualitas air akibat bertambahnya bahan-bahan organik dan anorganik yang melebihi kemampuan sungai dalam memperbaiki diri sendiri. Timbulnya pencemaran ini akan mengganggu kelangsungan hidup biota perairan.

Menurut Asra (2009), dalam penelitiannya menyatakan bahwa penentuan kualitas air suatu badan perairan dapat ditentukan dari banyak faktor seperti zat

terlarut, zat tersuspensi dan makhluk hidup yang ada di dalam badan perairan tersebut. Indikator biologi merupakan kelompok atau komunitas organisme yang kehadirannya atau perilakunya di alam berkorelasi dengan kondisi lingkungan. Indikator biologi yang terdapat dalam suatu badan perairan adalah phytoplankton, zooplankton, bentos dan nekton. Gastropoda seperti siput *Sulcospira testudinaria* dapat digunakan sebagai indikator pencemaran organik adalah karena memiliki karakter yang kosmopolit, gerakannya yang relatif lambat, bersifat filter feeder, dan dapat bertahan hidup (Ramadani *et al.* 2011). Pemanfaatan sungai sebagai tempat pembuangan sampah dan pertambangan pasir dan aktifitas-aktifitas lain menyebabkan perubahan faktor lingkungan sehingga akan berakibat buruk bagi kehidupan organisme air.

2.2 Siput *Sulcospira testudinaria*

Siput *Sulcospira testudinaria* merupakan salah satu jenis siput air tawar yang terdistribusi secara luas (kosmopolit). Hewan ini memiliki kaki yang lebar dan pipih pada bagian ventral tubuh. Cangkangnya berbentuk tabung yang melingkar-lingkar seperti spiral. Hewan ini biasa hidup menempel di tumbuhan air dan ada yang membenamkan diri dalam sedimen (Nontji, 2007). Hewan ini tersebar luas diseluruh perairan pulau Jawa. Keberadaan siput ini umumnya dapat dijumpai di aliran air yang deras atau tenang dengan ke dalam dangkal hingga dalam sehingga siput jenis ini banyak ditemukan di daerah sungai, rawa ataupun danau. Siput ini memiliki peranan dalam penguraian serasah, pemakan detritus dan algae serta dapat dijadikan sebagai penanda pencemaran di suatu perairan karena habitatnya yang tinggal di wilayah tertentu dalam kurun waktu yang relatif lama (Marwoto *et al.*, 2014).

2.2.1 Taksonomi *Sulcospira testudinaria*

Menurut Von Dem Busch (1842) dalam World Register of Marine Species (2016) *Sulcospira testudinaria* dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Phylum : Mollusca
Class : Gastropoda
Ordo : Sorbeoconcha
Genus : *Sulcospira*
Spesies : *Sulcospira testudinaria*



Gambar 2. *Sulcospira testudinaria* (Dokumentasi Pribadi, 2019)

2.2.2 Morfologi *Sulcospira testudinaria*

Spesies ini memiliki panjang berkisar antara 3-4 cm, tipe cangkang memanjang, bagian ulir utama membesar, memiliki apeks tumpul, cangkang berwarna hitam dan halus, memiliki lekuk sifon yang agak lebar dan tumpul (Triastuti, 2016). *Sulcospira testudinaria* termasuk ke dalam family pachycilidae dan genus *Sulcospira*. Hewan ini memiliki tinggi cangkang 8.85-16.2 mm dengan diameter 4.3-7.2 mm. Bentuknya seperti kerucut memanjang dengan warna kehitaman dan tidak transparan. Puncak cangkang tumpul, ujung cangkang oval, jumlah seluk 8-9, permukaan cangkang halus dan licin (Rahayu *et al.*, 2015).

2.2.3 Fisiologi Siput

Kakisiput mengandung kelenjar yang mengsekresikan lendir. Kelenjar pedal yang terdapat pada bagian depan kaki adalah kelenjar yang penting pada

golongan gastropoda. Pergerakan gastropoda pada bagian permukaan yang keras dan bergelombang dipengaruhi oleh kontraksi otot yang terdapat disepanjang kaki (Heryanto, 2013). Gastropoda yang hidup di air, tempat pulmonate ditempati oleh insang dengan memasukan udara melalui porus respiratorius. Sistem peredaran darahnya merupakan sistem peredaran darah terbuka. Gastropoda mempunyai sifat hemaprodit (memiliki kelamin jantan dan betina pada satu tubuh) melangsungkan perkawinannya dengan cara membuahi sel telur oleh sperma sehingga menghasilkan telur dan mengamankan telurnya pada selaput agar-agar yang berbentuk seperti kapsul (Triastuti, 2016).

2.2.4 Habitat dan Kebiasaan Makan

Habitat siput berada pada daerah genangan air dan terdapat tumbuhan air. Siput didapatkan menempel pada batang atau daun tumbuhan air yang tumbuh pada wilayah tersebut. Lumeno (2004) menyatakan bahwa siput dapat ditemukan dikawasan irigasi, sungai, sawah ataupun didaerah rawa. Siput umumnya menempel pada substrat dan dapat bergerak dengan menggunakan kakinya, gerakan kaki ini sekaligus mengerik substrat yang akan dijadikan makanannya. Siput akan menggunakan kepala serta radulanya yang digunakan sebagai mulut untuk menggarut makanannya (Laimeheriwa, 2017).

2.3 Metallothionein (MT)

Salahsatu alternatif prosedur pengukuran yangmasuk dalam kategori peka, akurat dandapat diandalkan serta dapat diaplikasikan diperairan Indonesia adalah pengukuran menggunakan indikator metallothionein. Metallothionein merupakan proteinyang sangat peka dan akurat sebagai indikator pencemaran. Hal ini didasarkan pada suatu fenomena alam dimana logam-logam dapat tersekap di dalam jaringan tubuh organisme yang dimungkinkan karena adanya protein tersebut. Metallothionein merupakan

protein pengikat logam (metal-binding protein) yang berfungsi dan berperan dalam proses pengikatan/penyekapan logam di dalam jaringan setiap makhluk hidup (Lasut, 2002).

Metallothionein dapat menyerap logam dengan cara mengikat logam yang ada dalam tubuh makhluk hidup. Metallothionein tersusun atas protein (polipeptida) yang bersifat *cysteine* dimana kelompok ini dapat dengan kuat mengikat logam berat diantaranya adalah seng (Zn), kadmium (Cd), merkuri (Hg) dan perak (Ag) (Isani *et al.*, 2000). Selain itu, metallothionein juga bersifat spesifik dimana metallothionein terbagi atas jenis logam yang diserapnya. Metallothionein terbagi atas metallothionein Pb yang dapat mengikat Pb dalam perairan, metallothionein Cd yang dapat mengikat unsur Cd dalam air, begitu juga pada metallothionein Hg dan Zn. Selain bersifat spesifik, metallothionein juga sensitif jika digunakan sebagai biomarker untuk analisis dini terhadap adanya pencemaran sehingga dapat dilakukan upaya pencegahan sebelum pencemaran menjadi lebih parah (Sunu, 2001). Metallothionein berfungsi sebagai biomarker pencemaran logam berat, sehingga dapat digunakan sebagai alat untuk monitoring lingkungan perairan yang tercemar logam berat seperti Cd, Pb dan Hg (Dewi *et al.*, 2014). Siput memiliki kemampuan dalam menyerap logam berat melalui proses pencernaan dikarenakan siput memiliki kebiasaan makan yang *filter feeder* sehingga berpotensi untuk terkontaminasi logam berat yang terdapat pada lingkungan perairan (Fernanda, 2012).

2.4 Pengikatan Logam Berat Oleh Metallothionein

Menurut Yuniar (2009), Hampir 90% logam berat yang masuk ke dalam tubuh organisme perairan melalui jalur makanan. Jalur tersebut melalui dua cara yaitu makanan dan minuman (lewat air), sisanya akan masuk secara difusi dan melalui jalur pernafasan. Makanan yang terkontaminasi logam berat yang di

makan siput akan masuk ke dalam alur pencernaan (*gastrointestinal*), lalu menuju ke sirkulasi darah. Metallothionein merupakan protein yang terdapat dalam tubuh organisme perairan seperti ikan, molusca dan gastropoda yang merupakan pendetoksifikasi logam berat sehingga akumulasi logam berat dalam tubuh organisme bisa direduksi sedikit demi sedikit. Metallothionein merupakan biomarker lingkungan yang baik karena kemampuannya yang akurat dan sensitif terhadap keberadaan logam berat (Dewi *et al.*, 2014).

Pengikatan logam berat oleh metallothionein diawali dari dikenalnya logam berat yang masuk ke dalam tubuh oleh protein reseptor yang nantinya akan membentuk metallothionein dalam sel. Metallothionein bekerja secara spesifik dalam mengenali jenis logamnya, sehingga jika terpapar jenis logam Pb maka akan dikeluarkan metallothionein pengikat Pb (Dewi *et al.*, 2014). Logam berat yang sudah terdeteksi akan ditransport oleh dinding sel dan akan berikatan dengan metallothionein dengan menggunakan transport pasif. Logam berat yang telah berikatan dengan metallothionein akan di detoksifikasi dan disalurkan menuju vakuola tempat dimana ion-ion dan metabolit. Pada akhirnya sel akan terus membentuk metallothionein hingga logam berat hilang (Artanti, 2005 *dalam* Rakhmawati, 2006). Organisme yang memiliki protein metallothionein ini jika terpapar terus menerus akan mengalami kerusakan jaringan hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi logam berat di perairan, maka tingkat kelangsungan hidup organisme semakin menurun (Riani, 2010).

Tabel 1. Nilai Hasil Logam berat pada gastropoda

No.	Judul	Peneliti	LogamBerat	MT
1	Tissue-Specific Cadmium and Metallothionein Levels in Freshwater Crab <i>Sinopotamon henanense</i> During Acute Exposure to Waterborne Cadmium (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18214890)	Wenli Ma, Lan Wang, Yongji He, Yao Yan (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Hepatopankreas: $9.80 \pm 0.35 \mu\text{g g}^{-1} \text{ w wt}$ • Insang: $20.81 \pm 2.01 \mu\text{g g}^{-1} \text{ w wt}$ • Daging: $6.70 \pm 0.39 \mu\text{g g}^{-1} \text{ w wt}$ • Ovarium: $4.41 \pm 0.27 \mu\text{g g}^{-1} \text{ w wt}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Hepatopankreas : $21.43 \pm 5.69 \mu\text{g g}^{-1} \text{ w wt}$ • Insang: $16.7 \pm 2.38 \mu\text{g g}^{-1} \text{ w wt}$ • Daging: $10.81 \pm 4.58 \mu\text{g g}^{-1} \text{ w wt}$ • Ovarium: $4.23 \pm 0.86 \mu\text{g g}^{-1} \text{ w wt}$

No.	Judul	Peneliti	Logam Berat	MT
2	Metallothionein concentrations in a population of <i>Patella aspera</i> : variation with size (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969702003054)	M.J. Bebianno, A. Cravo, C. Miguel, S. Morais (2003)	Logam berat Cd: 6.5±2.2 µg/g hingga 5.9±0.9 µg/g	4.9±1.3 mg/g hingga 9.8±1.4 mg/g
3	Relationship between levels of the heavy metals lead, cadmium and mercury, and metallothionein in the gills and stomach of <i>Crassostreairedalei</i> and <i>Crassostrea glomerata</i> (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30228879)	Asus Maizar Surya Hertika, Kusriani Kusriani, Erlinda Indrayani, Rahmi Nurdiyani, Renanda B. D. S. Putra	Logam berat Hg: • <i>Crassostreairedalei</i> : 0.171–0.731 mg/l • <i>Crassostrea glomerata</i> : 0.077–0.582 mg/l	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Crassostreairedalei</i>: 111,500 ng/g– 160,250 ng/g • <i>Crassostrea glomerata</i>: 108,900 ng/g– 159,000 ng/g
4	Effect of metal accumulation on metallothionein level and condition of the periwinkle <i>Littorina littorea</i> along the Scheldt Estuary (the Netherlands) (https://www.researchgate.net/profile/Thierry_Backeljaeu/publication/40041509)	H.V. den Broeck, H. de Wolf, T. Backeljau, and R. Blust (2010)	Cd 0,1 – 4 µg/g dry weight	20-35 nmol/g dry weight
			Pb 1 – 5 µg/g dry weight	
5	Evaluation of metallothionein as a biomarker of single and combined Cd/Cu exposure in <i>Dreissena polymorpha</i> (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14757381)	S. Lecoeur, B. Videmann, and Ph. Berny (2004)	Cd 1.45±0.39 nmol/g wet weight	50 – 350 nmol/g
			Cu 32.1±4.6 nmol/g wet weight	65-80 nmol/g
6	Cadmium Accumulation and Metallothionein Biosynthesis in Cadmium-Treated Freshwater Mussel <i>Anodonta woodiana</i> (https://www.researchgate.net/publication/272082743)	Yongquan Li, Huizhen Yang, Na Liu, Jixian Luo, Qian Wang, Lan Wang (2015)	Logam berat jaringan : Insang : 0,04-0,1 mg/g Mantel : 0,03-0,085 mg/g	Bagian insang : 1,5-4,3 µg/g Bagian mantel : 2,4-4,5 µg/g
7	Metallothionein is up-regulated in molluscan responses to cadmium, but not aluminum, exposure (https://core.ac.uk/download/pdf/82447470.pdf)	Mahmoud M.A. Desouky (2012)	Logam berat jaringan : Al : 50-600 µg/g Cd : 30-425 µg/g	Al : 0,3-0,5 mg/g Cd : 0,4-2 mg/g
8	Metallothioneins, Caspase-3 and Oxidative Stress Responses in the MultiMarker Study of Freshwater Mussel Inhabiting Sites of Various Human Impact (https://www.researchgate.net/publication/286068307)	Halina I. Falfushynska, Lesya L. Gnatyshyna, János Györi, Oksana B. Stoliar (2014)	Logam berat jaringan : Cu : 3-20 µg/g Zn : 30-75 µg/g Cd : 0,74-3,4 µg/g	Cu : 0,4-2 µg/g Zn : 1,5-15,7 µg/g Cd : 0,25-3,1 µg/g



2.5 Pengamatan Metallothionein dengan Metode ELISA

ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*) merupakan teknik biokimia yang banyak digunakan dalam bidang imunologi. Metode ELISA memiliki fungsi dalam mengetahui dan mengukur kadar antigen dan antibodi. Metode ini dirancang untuk mendeteksi dan mengukur peptide, protein, antibodi dan hormon (Boster Biological Technology, 2011). Dikarenakan kemampuan dan penggunaannya yang mudah dilakukan dalam mendeteksi antibodi, protein dan antigen sehingga metode ini cukup sensitif terhadap bahan pencemar khususnya logam berat. Cara kerja metode ELISA yaitu dengan menggunakan aktivitas enzim untuk mendeteksi pengikatan antigen dan antibodi. Enzim akan mengubah sampel menjadi produk berwarna yang nantinya akan mengindikasikan keberadaan antigen dan antibodi (Bull, 1976).

Metode ELISA ini terbagi atas dua model yaitu ELISA *sandwich* A dan ELISA *sandwich* B. ELISA *sandwich* adalah metode dimana antibodi yang digunakan menangkap antigen yang bersifat spesifik sehingga dalam penggunaannya antibodi yang akan digunakan memiliki kesamaan dengan bahan pengujian. Metode ini juga dapat meningkatkan spesifitas ELISA secara tidak langsung (Mukarti *et al.*, 2004). Metode ELISA mempunyai beberapa kelebihan yang didasarkan pada kesederhanaan dalam proses pengerjaannya, tidak membutuhkan peralatan yang rumit serta tidak membutuhkan proses ekstraksi, elektroforesis dan pewarnaan. Uji serologi dengan menggunakan metode ELISA dikatakan kurang sensitif jika dibandingkan dengan metode molekuler. Namun hal tersebut dapat diatasi dengan melakukan pengulangan hingga beberapa kali. Unsur logam yang memiliki berat jenis tinggi relatif bersifat racun (toksik) bagi makhluk hidup meski dalam konsentrasi rendah (Notohadiprawiro, 2006).

Logam berat dibagi ke dalam jenis logam berat *esensial* dan *non esensial*. Logam berat esensial adalah logam yang dibutuhkan oleh organisme dalam

kadar yang sedikit, seperti Zn, Fe, Cu dan lain-lain. Logam berat non esensial adalah logam yang keberadaannya bersifat toksik meski dengan konsentrasi yang rendah, contohnya yaitu Hg, Pb, Cd dan lain-lain (Widowati *et al.*, 2008). Logam berat secara alami dapat ditemukan di dalam batuan yang tertimbun dan mengalami proses sedimentasi, namun kandungan logam berat pada ekosistem dapat meningkat melalui beberapa aktivitas manusia seperti kegiatan transportasi, pertambangan, buangan limbah industri dan limbah domestik (Febrita *et al.*, 2013).

2.6.1 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang keberadaannya dalam jumlah yang tinggi dapat mencemari ekosistem. Pada ekosistem perairan keberadaan timbal lebih banyak dibandingkan dengan ekosistem lainnya dikarenakan timbal bersumber dari limbah industri, pestisida dan insektisida yang dibuang ke dalam badan air. Keberadaan timbal dalam perairan dapat berdampak buruk bagi kehidupan organisme perairan (Sunarto, 2005). Timbal akan mengendap di sedimen dan dapat mengalami bioakumulasi pada organisme perairan sehingga keberadaan timbal akan sangat susah terurai (Mukhtasor, 2007).

Keberadaan Pb didalam perairan dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti suhu, pH dan padatan tersuspensi. Parameter tersebut membuat nilai timbal di perairan menurun, hal ini dikarenakan logam berat akan tersedimentasi sehingga konsentrasi Pb dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan timbal yang terlarut di perairan. Nilai pH berbanding terbalik dengan keberadaan logam berat dimana semakin basa maka logam berat semakin rendah (Bangun, 2005). Timbal termasuk ke dalam senyawa anorganik yang ukurannya sangat kecil (mikro) namun bersifat toksik jika terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup. Timbal masuk ke dalam tubuh makhluk hidup melalui pernafasan, pencernaan

dan penetrasi dari kulit. Akumulasi Pb dalam tubuh akan menyebabkan gangguan dan kerusakan hati, ginjal, tulang dan otak (Dewi, 2011).

2.6.2 Merkuri (Hg)

Merkuri merupakan salah satu senyawa logam berat yang memiliki nilai toksisitas tinggi. Bentuk merkuri di alam terdiri dari HgS, Hg²⁺, Hg dan Metil-Hg. Namun, dalam tanah bentuk yang paling dominan ialah ionik (Hg²⁺) dimana bentuk ini dapat dengan mudah terakumulasi dalam makhluk hidup (Israr *et al.*, 2006). Merkuri dalam konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan gangguan fisiologi pada makhluk hidup hal ini dikarenakan terganggunya fungsi enzim dan pembentukan protein akibat pengikatan gugus sulfidril (Ling *et al.*, 2010). Masuknya merkuri didalam tubuh makhluk hidup dapat melalui rantai makanan, pencemaran udara dan pencemaran air, hal ini membuat sebagian besar makhluk hidup mengakumulasi merkuri, maka dari itu pencegahan merkuri dalam ekosistem dapat segera dilakukan upaya pencegahan (Tugaswati, 1997). Produksi merkuri digunakan dalam kegiatan pertambangan yang digunakan untuk pemisahan emas dan komponen lain seperti pasir dan lumpur. Sumber merkuri dialam terdapat didalam tanah dan di dapatkan melalui aktivitas gunung berapi ataupun penggalian tanah. (Purnawan, 2013).

Merkuri memiliki kemampuan yang tinggi untuk masuk ke dalam proses bioakumulasi pada organisme perairan. Merkuri yang terakumulasi dalam jaringan makhluk hidup akan berlanjut mengikuti rantai makanan sehingga tingkat trofik paling tinggi akan mengakumulasi merkuri lebih banyak dibandingkan dengan tingkat trofik dibawahnya (Mukhtasor, 2007). Ambang batas maksimum merkuri pada perairan menurut Kementrian Lingkungan Hidup (2004) sebesar 0,003 mg/l.

2.6.3 Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang terletak di baris kedua unsur transisi. Kadmium merupakan salah satu logam yang tersebar di alam dan masuk ke dalam unsur logam berat beracun dan tidak diketahui fungsinya secara biologis. Dilihat dari bentuk senyawa, Cd berada langsung dibawah Zn dalam tabel periodik dan memiliki kesamaan kimia dengan Zn yang merupakan unsur hara mikro pada makhluk hidup. Dengan demikian, menjelaskan mengapa sering terjadi keracunan Cd pada makhluk hidup dikarenakan Zn disubstitusi oleh Cd yang dapat menyebabkan gangguan fungsi pada metabolisme. Kadmium sering digunakan dalam baterai sebagai sumberdaya yang dapat diisi ulang dengan keluaran yang tinggi, berumur panjang, pemeliharaan rendah dan toleransi yang tinggi terhadap cekaman fisik dan listrik (Handayanto *et al.*, 2014). Pelapisan kadmium pada badan kapal dan kendaraan dapat mencegah terjadinya korosi. Kegunaan lain dari kadmium adalah sebagai pigmen, pelapisan logam dan penyeimbang bahan PVC (*polyvinyl chloride*) (Rachmaningrum *et al.*, 2015).

Kadmium yang tersebar didalam perairan dapat terakumulasi didalam tubuh makhluk hidup dan perubahan ditingkat sel sehingga menghambat tingkat pertumbuhan organisme (Rumahlatu *et al.* 2012). Muhajir (2009) menyatakan bahwa persebaran senyawa kadmium pada lingkungan perairan ditemukan dalam bentuk ion, dilaut dalam bentuk $CdCl_2$ (klorida) sedangkan di perairan tawar berbentuk $CdCO_3$ (Karbonat). Ambang batas maksimum kadmium pada perairan kurang dari 0,01 mg/l (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2004).

2.7 Kondisi Fisika dan Kimia Air

Untuk menilai keadaan perairan secara fisik maupun kimiawi, maka dilakukan dengan menggunakan parameter fisika yaitu suhu dan parameter kimia yaitu oksigen terlarut dan derajat keasaman (pH).

2.7.1 Suhu

Suhu merupakan derajat panas-dingin di suatu perairan yang menjadi salah satu indikator penting yang menjadi pembatas kehidupan organisme perairan (Asni, 2015). Suhu merupakan faktor lingkungan yang sangat menentukan kehidupan mikroorganisme karena pengaruh suhu berhubungan dengan aktifitas enzim. Supardi dan Sukamto (1999), mengungkapkan bahwa suhu rendah menyebabkan aktivitas enzim menurun dan jika suhu terlalu tinggi dapat mendenaturasi protein enzim. Simanjuntak (2009), suhu adalah salah satu parameter penting perairan, hal ini dikarenakan suhu merupakan faktor pembatas bagi parameter lainnya. Suhu perairan dipengaruhi oleh keadaan atmosfer dan intensitas penyinaran cahaya matahari.

Logam berat dipengaruhi oleh suhu dimana menurut Kadir (2013) menyatakan bahwa suhu dapat mempengaruhi kelarutan logam berat dalam perairan, dimana peningkatan suhu akan diikuti oleh kenaikan kelarutan logam berat yang juga menyebabkan toksisitas logam akan meningkat. Selain meningkatkan toksisitas logam berat, suhu juga dapat meningkatkan kemampuan siput dalam mensintesis metallothionein dalam tubuhnya sebagaimana sesuai dengan pernyataan Serafim *et al.*, (2002) menyatakan bahwa semakin tinggi suhu makagastropoda akan mensintesis metallothionein lebih cepat dibanding pada saat perairan bersuhu rendah sehingga proses akumulasi pencemar akan berlangsung secara cepat.

2.7.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan kadar asam atau basa suatu larutan. pH merupakan salah satu parameter yang penting dalam kehidupan organisme (Saraswati *et al.*, 2017). Derajat keasaman merupakan salah satu faktor pembatas suatu perairan. Perairan umumnya memiliki kisaran tertentu untuk kehidupan organisme perairan, yang biasanya berada pada nilai netral atau berada pada nilai asam lemah dan basa lemah (6,5 - 8,5) (Elfidasari *et al.*, 2015). Pengukuran pH umumnya dilakukan dengan menggunakan kertas pH atau pH water tester. Alat lain yang digunakan dalam mengukur nilai derajat keasaman perairan yaitu *Aquamate test* atau pH meter (Kordi dan Tancung, 2010). Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter kimia perairan yang dapat dijadikan sebagai indikator kualitas perairan sebagai akibat terakumulasinya senyawa kimia yang bersifat pencemar atau bukan pencemar. Nilai pH pada suatu perairan dipengaruhi oleh kadar oksigen, karbondioksida dan adanya bahan kimia pada perairan tersebut. Bahan kimia yang paling banyak ditemukan dalam perairan dan dapat menurunkan nilai pH adalah detergen. Perubahan pH pada perairan yang terjadi secara cepat dapat mengindikasikan bahwa telah terjadinya penurunan kualitas air pada ekosistem tersebut (Susana, 2009).

Menurut Selayret *al.*, (2015) menyatakan bahwa nilai pH pada perairan akan mempengaruhi kelarutan logam berat dimana peningkatan nilai pH pada perairan akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan logam berat karena logam berat akan mengendap di dasar perairan. Masuknya polutan akan mempengaruhi nilai pH air dimana jika pH air berubah dari keadaan normal maka akan mengganggu kehidupan organisme perairan tersebut. Carvalho *et al.*, (2015) menambahkan bahwa meningkatnya konsentrasi logam berat akan

memicu peningkatan sintesis metallothionein. Aktivitas metallothionein optimal pada pH berkisar antara 4,5-8.

2.7.3 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan kandungan oksigen yang larut dalam air. Oksigen terlarut bersumber dari difusi oksigen dari udara ke dalam air melalui permukaan perairan (Hartati *et al.*, 2012). Oksigen terlarut dibutuhkan untuk respirasi tumbuh-tumbuhan dan hewan-hewan, proses dekomposisi bahan-bahan organik oleh bakteri serta proses oksidasi bahan buangan. Oksigen terlarut dapat berasal dari udara dan fotosintesa. Kandungan oksigen terlarut dalam air tergantung pada suhu air, tekanan atmosfer, garam-garam terlarut, dan aktivitas biologi (Indrawati dan Muhsin, 2010). Oksigen terlarut merupakan faktor terpenting dalam menentukan kehidupan ikan, pernapasan akan terganggu bila oksigen kurang dalam perairan (Monalisa dan Minggawati, 2010).

Menurut Affan (2012), kelarutan oksigen didalam air dipengaruhi suhu, salinitas dan tekanan udara. Peningkatan suhu, salinitas dan tekanan menyebabkan penurunan oksigen, begitu juga sebaliknya. Organisme perairan dapat bertahan hidup pada kadar oksigen 1 mg/l, namun untuk dapat tumbuh dan berkembang minimal 3 mg/l. Kisaran DO yang optimal bagi organisme adalah 5 -8 mg/l. Keberadaan logam berat pada perairan sangatlah berbahaya bagi organisme perairan karena saat oksigen terlarut rendah dan konsentrasi logam berat tinggi, maka organisme perairan akan menderita (Warlina, 2004). Pada daerah yang kandungan oksigennya rendah misalnya karena adanya kontaminasi bahan organik, daya larut logam berat di air akan lebih rendah dan akan mengendap pada sedimen (Rachmawatie *et al.*, 2009).

3. MATERI DAN METODE

3.1 Materi Penelitian

Materi penelitian ini adalah kandungan logam berat Pb, Cd, Hg di air dan keseluruhan organ *Sulcospira testudinaria*.serta kadar Metallothionein (MT) pada keseluruhan organ *Sulcospira testudinaria*.Selain itu dilakukan pengukuran kualitas air antara lain suhu, pH, DO (*Dissolved Oxygen*) pada media tempat hidup *Sulcospira testudinaria*.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada berbagai prosedur diantaranya: pengukuran kualitas air, pembedahan dan pengambilan keseluruhan organ *Sulcospira testudinaria*.Pengukuran kualitas air, kadar logam berat Pb, Cd, Hg serta pengujian kadar metallothionein pada *Sulcospira testudinaria*. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan teknik survei dengan cara menggambarkan keadaan lokasi penelitian secara nyata sesuai dengan keadaan di lapang dan dibuktikan melalui analisa data. Arsy (2011), metode survei deskriptif adalah metode yang mendasarkan pada suatu asumsi bahwa suatu fenomena tertentu terjadi karena mengikuti pola tertentu juga. Setyawan (2013), menyatakan bahwa data merupakan Kumpulan fakta yang diperoleh dari suatu pengukuran. Suatu pengambilan keputusan yang baik merupakan hasil dari penarikan kesimpulan yang didasarkan pada data yang akurat. Data adalah sekumpulan baris fakta yang mewakili peristiwa yang terjadi. Akuratnya data penelitian yang dikumpulkan sangat mempengaruhi hasil penelitian, agar data

yang dikumpulkan tersebut akurat maka diperlukan alat pengumpulan data (Sembiring *et al* 2012). Pengambilan data pada penelitian skripsi ini meliputi data primer dan data sekunder.

a. Data primer

Data Primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber pertama yaitu individu atau perseorangan yang membutuhkan pengelolaan lebih lanjut seperti hasil wawancara atau hasil pengisian kuisisioner. Metode wawancara dapat pula dipakai sebagai cara pengumpulan data dengan tanya Jawab sepihak yang dikerjakan dengan sistematis dan berlandaskan kepada tujuan penelitian (Soegijono,1993). Data primer didapatkan dengan cara bertanya jawab langsung, observasi lapang, kuisisioner maupun partisipasi aktif dengan pihak-pihak terkait. Hal ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan (Wandansari, 2013). Data primer yang diambil dalam penelitian ini meliputi parameter utama kualitas perairan yang diukur meliputi suhu, pH, dan Oksigen terlarut (DO), kadar metallothionein pada *Sulcospira testudinaria*, kandungan logam berat Pb, Cd, dan Hg serta tanggapan masyarakat sekitar aliran DAS Brantas terhadap ekosistem sungai.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang telah dioalah lebih lanjut dan disajikan dengan baik oleh pihak pengumpul data primer (pihak lain). Dewi (2016), data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui sumber-sumber kedua atau secara tidak langsung melalui literatur-literatur baik dari buku, media massa (cetak atau elektronik), ataupun jurnal-jurnal ilmiah yang relevan dengan tujuan penelitian. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa data sekunder merupakan data yang telah ada dari berbagai sumber yang dimanfaatkan untuk menunjang penelitian (Wandansari, 2013). Data sekunder biasanya diperlukan untuk mendukung data primer. Data sekunder pada penelitian skripsi ini didapat dari

jurnal penelitian, laporan penelitian, buku, internet, serta semua kepustakaan yang menunjang penelitian ini.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan dengan menentukan stasiun pengambilan sampel. Pengambilan sampel pada penelitian ini dibagi ke dalam 2 stasiun yang berbeda, yang mana dari semua stasiun ini masih berada pada aliran sungai DAS Brantas. Perbedaan tempat tersebut dianggap dapat mengetahui perbedaan penyerapan logam berat Pb, Hg dan Cd disepanjang aliran sungai. Pengambilan sampel pada stasiun 1 dilakukan di aliran sungai Brantas wilayah Jombang, dimana pada wilayah ini terdapat aktifitas pengeluaran limbah industri penyedap rasa ke badan air secara langsung. Pengambilan sampel pada stasiun ke-2 dilakukan pada aliran sungai Brantas wilayah Kediri dimana pada stasiun ini terdapat aktifitas manusia berupa buangan limbah domestik dan buangan limbah pabrik rokok. Pengambilan sampel dilakukan pada daerah hidup tanaman air yang terletak disepanjang pinggir sungai, hal ini dikarenakan tumbuhan air dapat mengakumulasi logam berat sehingga logam berat akan terkonsentrasi pada perairan sekitar tanaman air sehingga siput dirasa tepat untuk menggambarkan konsentrasi logam berat di daerah tersebut.

3.5 Prosedur Pengujian Sampel

3.5.1 Prosedur Pengukuran Kadar Logam Berat pada siput *Sulcospira testudinaria*

Pengukuran kadar logam berat Pb, Cd dan Hg pada siput *Sulcospira testudinaria* dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) yang dilakukan di laboratorium Kimia Analitik, Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang:

- Menimbang sampel kering sebanyak 2 gram kemudian memasukkan ke dalam *beaker glass*.
- Menambahkan aquaregia (3 HCl : 1 HNO₃) untuk mengekstrak logam berat supaya terbaca pada AAS karena logam akan larut bersama aquaregia sebanyak 10 ml dan didiamkan 1 malam untuk permulaan dekomposisi.
- Memanaskan sampel selama 2 jam dan dijaga agar tidak sampai meluap.
- Menambahkan HNO₃ pekat 65% untuk mengekstrak logam agar terbaca di AAS sebanyak 10 ml ke dalam *beaker glass* dan memanaskan selama 2 jam.
- Memindahkan larutan ke dalam labu ukur 100 ml dan menambahkan pelarut aquades untuk mengencerkan larutan sampai tanda batas.
- Mengukur sampel menggunakan AAS (Shimadzu Tipe AA-6200) dengan memakai lampu katoda yang sesuai dengan logam yang akan diuji dan mengatur panjang gelombang dengan ketentuan Pb (217 nm), Hg (253,7 nm) dan Cd (228,8 nm) lalu mencatat absorbansinya.

3.5.2 Prosedur Pengukuran Kadar Metallothionein Pada Keseluruhan Organ Siput *Sulcospira testudinaria*

Adapun tahap yang dilakukan untuk mengetahui kadar Metallothionein adalah sebagai berikut:

1. Tahap Pengambilan Sampel

- Menimbang sampel siput *Sulcospira testudinaria* sebanyak masing-masing 0,2 gram sampel halus dan mencuci dengan Na-sitrat sebanyak tiga kali.
- Memasukkan sampel ke dalam kantong plastik dengan diberi es batu (maksimum 4 jam untuk proses homogenasi)
- Bila sampel akan dihomogenasikan lebih dari 4 jam maka sampel harus segera dibekukan pada suhu -20 °C.

2. Tahap Estimasi dengan Metode ELISA

- Pembuatan denah plate ELISA dan coating buffer. Denah dibuat berdasarkan kode sampel.
- Coating antigen dengan kadar antigen yang digunakan adalah (1 : 40) mengencerkan dengan coating buffer dan diinkubasi dengan suhu 4 °C semalam.
- Keesokan harinya mencuci plate menggunakan larutan PBS Tween 0,2 % sebanyak 100 µl dan diulang 6 kali.
- Menambahkan 100 µl antibodi primer anti MT [Spesifikasi 1B/H/X (N-19) sc-12807 Lot#J04 goat polyclonal Ig G} (1 : 500) dalam assay buffer.
- Menginkubasi plate Elisa pada suhu ruang selama 2 jam sambil dishaker dengan shaker Elisa plate.
- Pencucian dengan PBS Tween 0,2% sebanyak 200 µl dan diulang 6 kali.
- Menambahkan 100 µl antibodi sekunder IgG biotin anti rabbit (Spesifikasi 910 Clopper Road Lot No. 120035) (1 : 800) dalam assay buffer lalu inkubasi pada suhu ruang selama 1,5 jam sambil dishaker.
- Mencuci dengan PBS Tween 0,2% dan diulang 6 kali.
- Menambahkan 100 µl larutan SAHRP (Spesifikasi Rockland 800-656-7625 p/n S000-03 Lot: 34173) (1 : 800) dalam assay buffer lalu inkubasi pada suhu ruang selama 1 jam sambil dishaker.
- Mencuci dengan PBS Tween 0,2% sebanyak 200 µl dan diulang 6 kali.
- Menambahkan 50 µl masing-masing lubang substrat sure blue TMB (Spesifikasi Biolegend Cat: 42151 Lot: B240623 microwell lalu inkubasi 15 menit pada ruang gelap. Jika terjadi reaksi antara antigen dengan antibodi maka akan berubah menjadi biru
- Menambahkan 50 µl HCL 1 N sebagai stop reaksi. Pada tahap ini larutan warna biru berubah menjadi kuning.

- Membaca dengan ELISA reader dengan panjang gelombang 450 nm. Hasil absorbansi dikonversi dengan kurva standart dan diketahui nilai Metallothionein.

3.6 Analisis Data

Pada penelitian ini data yang digunakan disesuaikan dengan metode deskriptif yaitu dengan cara menampilkan data dalam bentuk tabel, gambar dan grafik dari beberapa tahap penelitian, sehingga didapatkan sebuah informasi yang akan digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat di DAS Brantas wilayah Jombang dan Kediri. Adapun analisis data pada penelitian ini yang menggunakan analisa data regresi korelasi dengan menggunakan model regresi linier sederhana pada aplikasi SPSS 16.0 yang merupakan alat analisa yang mampu menjelaskan pola hubungan antar dua variabel atau lebih yang terdiri atas variabel independen (X) dan variabel dependen (Y), sedangkan koefisien korelasi menunjukkan arah hubungan antar variabel X dan Y (Sungkawa, 2013). Pada penelitian ini kadar logam berat Pb, Cd dan Hg merupakan variabel bebas (X), sedangkan kadar metallothionein (MT) pada tubuh siput *Sulcospira testudinaria* yang merupakan variabel terikat (Y). Purba *et al.*, (2014) menyatakan bahwa uji regresi bertujuan untuk mengetahui hubungan pengaruh antara satu variabel terhadap variabel lain. Variabel yang dipengaruhi disebut variabel tergantung atau dependen sedangkan variabel yang mempengaruhi disebut variabel bebas atau variabel independen. Setelah itu, ditentukan kategori tingkat hubungan variabel pada interval korelasi

3.7 Metode Analisis Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur pada penelitian ini meliputi parameter fisika yakni suhu dan parameter kimia meliputi pH dan oksigen terlarut (DO).

Tujuan dari analisis kualitas air yaitu untuk mengetahui kondisi lingkungan perairan sebagai tempat hidup siput *Sulcospira testudinaria*.

3.7.1 Parameter Fisika

a. Suhu

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu perairan pada penelitian ini adalah Thermometer Hg. SNI (2005), menyatakan bahwa adapun prosedur pengukuran suhu adalah sebagai berikut:

- Memasukkan termometer Hg ke dalam kolam dengan cara memegang pada bagian tali pengikatnya serta membelakangi sinar matahari.
- Menunggu 2 sampai 5 menit sampai skala pada termometer menunjukkan angka suhu dan stabil pada angka tersebut.
- Mencatat hasil yang ditunjukkan pada lembar kerja pengamatan

3.7.2 Parameter Kimia

a. pH

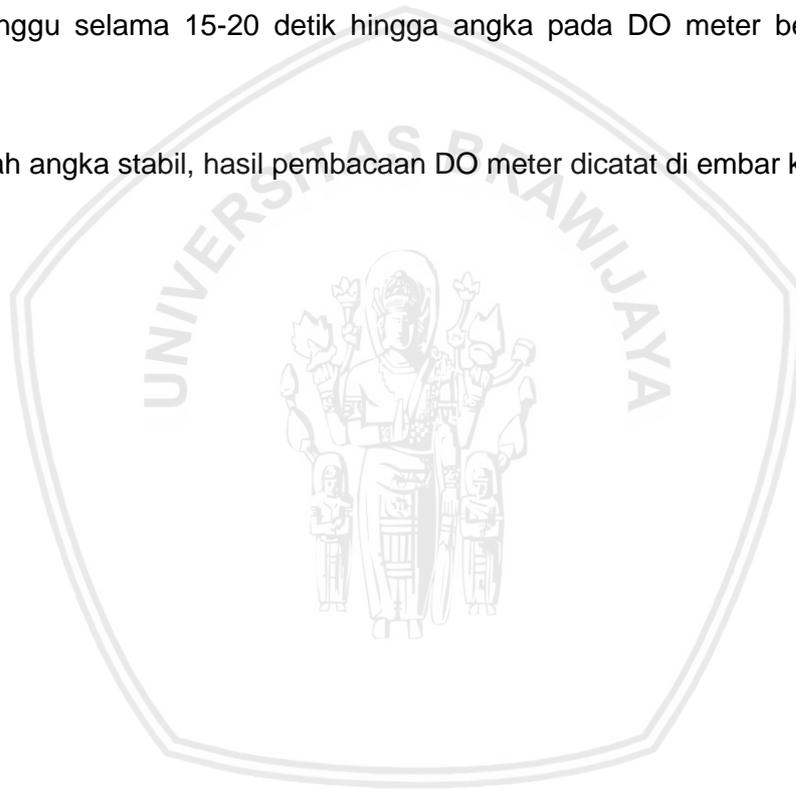
Alat yang digunakan untuk mengukur pH pada penelitian ini adalah pH Meter. Rahayu (2009), adapun cara pengukuran pH dengan menggunakan pH Meter adalah sebagai berikut:

- Melepaskan pelindung sensor pH meter
- Mengkalibrasi dengan aquades
- Mengkalibrasi dengan larutan standar hingga menunjukkan nilai 7 (Netral)
- Memasukkan pH meter ke dalam sampel air dan menunggu selama 1 menit
- Menunggu sampai layar pH meter menunjukkan nilai yang tetap (stabil),
- Mencatat hasilnya

b. Oksigen Terlarut

Metode yang digunakan pada penelitian ini dalam pengukuran Oksigen Terlarut (DO) adalah menggunakan DO meter yang bertipe YSI 550A. Adapun cara pengoperasian DO meter menurut *manual book* adalah sebagai berikut:

- Melepas pelindung sensor DO meter
- Mengkalibrasi DO meter dengan menggunakan air suling/aquades
- Memasukkan sensor DO meter ke dalam air sampel yang akan diukur kadar oksigen terlarutnya
- Menunggu selama 15-20 detik hingga angka pada DO meter berubah dan stabil
- Setelah angka stabil, hasil pembacaan DO meter dicatat di lembar kerja



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum Sungai Brantas

Sungai Brantas merupakan sungai yang panjangnya bisa mengitari $\frac{1}{4}$ Provinsi Jawa Timur dengan ke dalam yang berbeda-beda. Sungai Brantas memiliki panjang sungai sepanjang 320 km yang mana dengan keberadaan sungai Brantas mempengaruhi ekosistem disekitarnya. Warna air yang terdapat di sungai Brantas wilayah Jombang dan Kediri memiliki warna coklat keruh, hal ini dipengaruhi oleh substrat yang berlumpur dan masuknya limbah ke badan air.

Sungai Brantas merupakan sungai yang dipenuhi berbagai aktivitas masyarakat. Pada wilayah Kediri, sungai Brantas memiliki peranan dalam pusat perekonomian dimana pada wilayah Kediri, sungai Brantas dimanfaatkan sebagai tempat untuk menangkap ikan, jual-beli ikan, penyebrangan dengan kapal dari satu tempat ke tempat lainnya serta proses bongkar muat hasil penambangan pasir dan pembuangan limbah domestik. Adapun di wilayah Jombang sungai Brantas dimanfaatkan untuk kegiatan penangkapan ikan, penyebrangan dengan kapal dari satu tempat ketempat yang lain dan pembuangan limbah pabrik penyedap rasa.

Seiring dengan banyaknya kegiatan yang terjadi disungai Brantas diantaranya bongkar muat penambangan pasir, transportasi perairan dan buangan limbah ke badan air maka akan mempengaruhi pencemaran yang masuk keperairan sungai Brantas. Masuknya bahan pencemar khususnya logam berat ke badan air sungai dikhawatirkan akan mengalami perpindahan darimahluk hidup satu ke yang lainnya yang akan menyebabkan terakumulasinya logam berat pada pemuncak rantai makanan. Manusia sering mengkonsumsi hasil perikanan sebagai asupan nutrisi dan gizi sehingga dalam

ekosistem sungai manusia merupakan pemegang puncak rantai makanan dengan mengkonsumsi ikan yang ditangkap disungai Brantas.

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel siput *Sulcospira testudinaria* pada 3 stasiun yang berbeda karena diduga memiliki beban bahan pencemar yang tinggi. Stasiun 1 berada ditempat bersandarnya kapal penambangan pasir. Stasiun 2 dilakukan didekat perumahan dan pabrik rokok. Stasiun 3 dilakukan di pembuangan limbah pabrik penyedap rasa. Ketiga stasiun ini merupakan tempat yang sering dimanfaatkan oleh masyarakat untuk beraktifitas.

4.2 Deskripsi Tempat Pengambilan Sampel

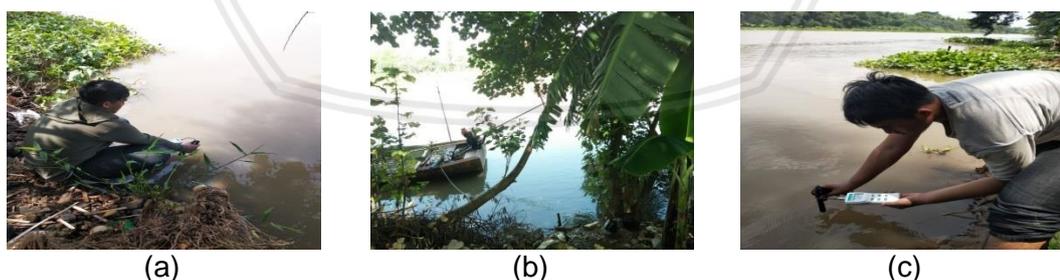
Stasiun Pengambilan sampel ialah stasiun yang diduga mengalami pencemaran logam berat akibat aktivitas manusia sehingga digunakan sebagai lokasi penelitian. Siput yang digunakan berperan sebagai biomarker penanda pencemaran yang memiliki daerah persebaran yang luas (kosmopolit) dan dapat ditemukan menempel pada substrat kayu, batu dan sebagian terbenam didalam lumpur. Adapun titik lokasi pengambilan sampel ditampilkan pada lampiran 2. Sedangkan untuk ukuran siput yang didapatkan disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Panjang Cangkang *Sulcospira testudinaria*

Sampling Ke-	Sub Stasiun	Stasiun Penelitian		
		Kediri	Kediri	Ploso
1	1	2.68 cm	3.91 cm	2.45 cm
	2	2.55 cm	4.04 cm	2.42 cm
	3	2.47 cm	3.88 cm	2.41 cm
2	1	2,65 cm	3.99 cm	2.43 cm
	2	2.35 cm	3.94 cm	2.45 cm
	3	2.54 cm	4.04 cm	2.41 cm
3	1	2.68 cm	3.01 cm	2.33 cm
	2	2.58 cm	3.43 cm	2.24 cm
	3	2.71 cm	3.68 cm	2.29 cm

4.2.1 Stasiun 1

Terletak di Kota Kediri yang digunakan sebagai tempat bersandarnya kapal untuk kegiatan penambangan pasir dan bongkar muat pasir. Hasil *tracking* yang dilakukan dengan bantuan GPS (*Global Positioning System*) menunjukkan koordinat “garis lintang (LAT): -7,803117 S 7°48'11,22048 dan garis bujur (LONG): 112,007713 E 112°0'27,7660”. Pada daerah ini kegiatan masyarakat dengan bongkar muat pasir membuat perubahan warna air menjadi cokelat kehitaman dikarenakan teraduknya masa lumpur ke permukaan dan terdapat beberapa pembuangan oli dan bahan bakar kapal yang tumpah ke dalam perairan. Disamping itu kegiatan pemancingan untuk dikonsumsi dilakukan didekat daerah bongkar muat pasir sehingga meningkatkan bahaya terakumulasinya logam berat ke dalam tubuh. Kondisi perairan di daerah ini berwarna coklat kehitaman dan sering ditemukannya lapisan minyak tipis akibat sisa-sisa bahan bakar dan oli yang terbuang keperairan. Adapun sampel siput *Sulcospira testudinaria* yang diambil banyak ditemukan distasiun ini dan keberadaannya ditemukan pada dasar lumpur sungai yang memiliki warna hitam pekat. Gambar stasiun 1 dapat dilihat pada gambar 3.

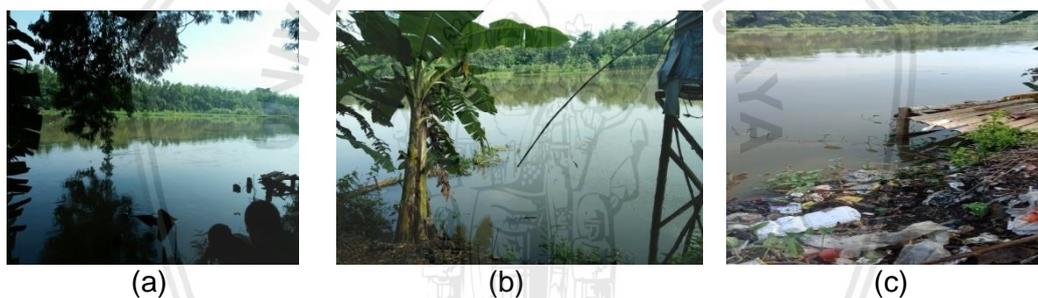


Gambar 3. Stasiun pengambilan sampel (Dokumentasi Pribadi, 2019)

4.2.2 Stasiun 2

Pengambilan sampel pada stasiun 2 dilakukan di kawasan pemukiman warga desa putih Kota Kediri. Hasil *tracking* yang dilakukan dengan GPS (*Global Positioning System*) yang menunjukkan kordinat “garis lintang (LAT): -7,780519 S

7°46'49,86768 dan garis bujur (LONG):112,012012 E 112°0'43,2432". Pada daerah ini terjadi buangan limbah berupa limbah domestik yang sering dilakukan warga hampir setiap harinya. Adapun limbah yang dibuang merupakan limbah plastik, kaca, sisa-sisa makanan, yang keberadaannya dibibir sungai. Tepat disebalah pembuangan sampah terdapat jaring angkat "Liftnet" dan pemancing ikan lainnya yang sering mencari siput dan ikan untuk dikonsumsi. Warna air sungai yang mengalir pada desa ini cenderung berwarna coklat terang. Pencarian siput *Sulcospira testudinaria* ditemukan pada dasar lumpur-lumpur didekat tempat pembuangan limbah domestik dan menempel didekat sisa-sisa kayu kecil yang berada dekat dengan pinggir sungai yang keadaannya relatif banyak. Adapun Gambar stasiun 2 dapat dilihat pada gambar 4.

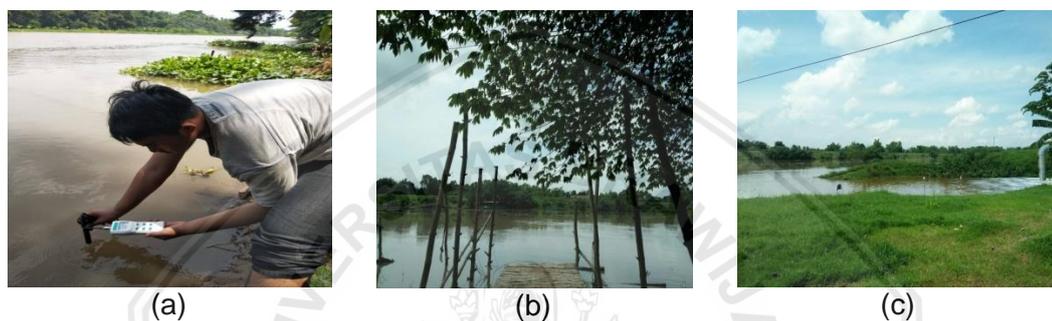


Gambar 4. Stasiun Pengambilan Sampel (Dokumentasi Pribadi, 2019)

4.2.3 Stasiun 3

Pengambilan sampel siput yang dilakukan pada stasiun 3 dilakukan didekat tempat pembuangan limbah industri penyedap rasa yang terletak didesa plosokabupaten Jombang. Hasil tracking yang dilakukan dengan GPS (*Global Positioning System*) yang menunjukkan kordinat "garis lintang (LAT): -7,448987 S 7°26'56,35428 dan garis bujur (LONG): 112,249857 E 112°14'59,48448". Sungai memiliki kemampuan dalam memperbaiki kondisinya (*Self-purification*) namun perbaikannya dilakukan dalam waktu yang tidaklah sebentar. Pemanfaatan sungai selain sebagai tempat hidup organisme perairan, pengairan lahan, sungai pun dimanfaatkan sebagai tempat mengalir limbah menuju laut. Pada stasiun ini

sering juga digunakan sebagai tempat penyebrangan sungai dari satu desake desa lainnya. Warna air pada stasiun ini berwarna coklat kemerahan,hal ini dikarena terjadi buangan limbah didekatnya. Adapun *Sulcospira testudinaria* keberadaannya tidak melimpah seperti di kedua stasiun sebelumnya, namun dapat ditemukan menempel di batang-batang eceng gondok, jembatan penyebrangan kapal dan didasar lumpur. Gambar stasiun 3 dapat dilihat pada gambar 5.

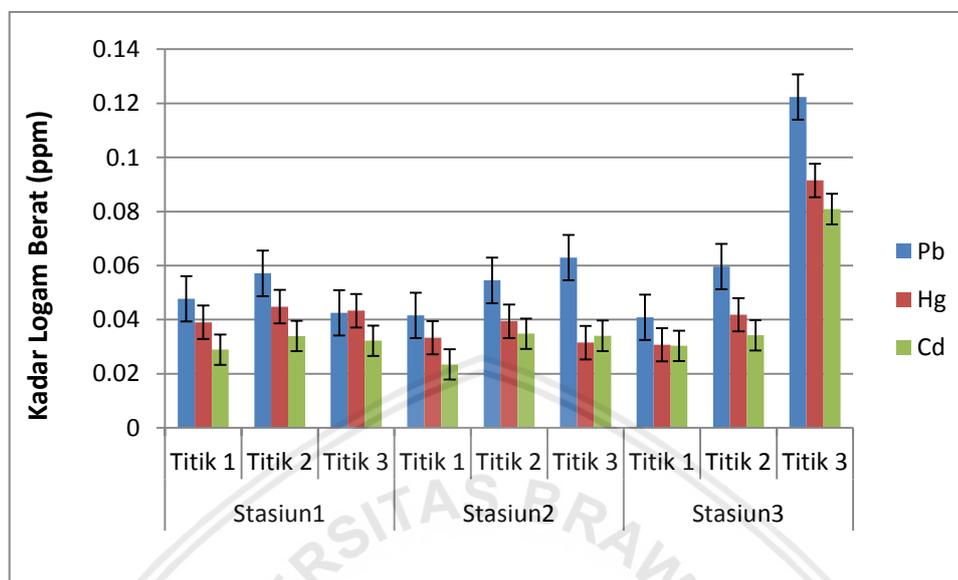


Gambar 5. Stasiun Pengambilan Sampel (Dokumentasi Pribadi, 2019)

4.3 Kadar Logam Berat Pada Siput *Sulcospira testudinaria*

Siput merupakan salah satu organisme yang memiliki kemampuan dalam memetakan pencemaran. Siput yang berada di bantaran sungai yang telah dialiri oleh aktivitas limbah dapat dijadikan sebagai penanda (biomarker) pencemaran. Hal ini dikarenakan siput memiliki kebiasaan makan yang *filter feeder* atau menyerap makanan yang memiliki kemungkinan bahwa makanan tersebut sudah terpapar logam berat. Siput *S. testudinaria* hidup dalam keadaan menetap atau sedentary, sehingga jika terjadi kontaminasi pencemaran limbah organisme ini tidak bisa menghindarinya akan tetapi siput *S. testudinaria* memiliki daya toleransi yang tinggi. Akumulasi kontaminasi bahan pencemar yang terdapat pada suatu organisme khususnya logam berat dapat mencerminkan kelimpahan dan bioavailabilitas dalam perairan yang tercemar (Rumahlatu, 2011). Data pengamatan logam berat yang terdapat dalam keseluruhan organ dapat dilihat pada lampiran 3. Adapun pengamatan kadar logam berat yang terdapat dalam

keseluruhan organ *S.testudinaria* pada stasiun 1, 2 dan 3 dapat dilihat melalui grafik pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Rata-Rata Logam Berat Pada Keseluruhan organ *Sulcospira testudinaria*

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa pada keseluruhan organ siput *S. testudinaria* yang diperoleh dari Stasiun 1 mengakumulasi logam berat Pb sebesar 0.042-0.057 ppm, logam berat Hg sebesar 0.039-0.043 ppm dan logam berat Cd sebesar 0.028-0.033 ppm. Pada stasiun 2 mengakumulasi logam berat Pb sebesar 0.041-0.062 ppm, logam berat Hg sebesar 0.031-0.039 ppm dan logam berat Cd sebesar 0.023-0.034 ppm. Pada stasiun 3 mengakumulasi logam berat Pb sebesar 0.040-0.122 ppm, logam berat Hg sebesar 0.030-0.091 ppm dan logam berat Cd sebesar 0.030-0.080 ppm. Nilai keragaman data pada titik sampling ketiga di stasiun 3 lebih tinggi dibandingkan dengan titik sampling lainnya.

Tingginya jumlah akumulasi logam berat yang diperoleh pada stasiun 3 dibandingkan dengan stasiun 1 dan 2 dikarenakan pengambilan sampel siput *S. testudinaria* berada didekat pembuangan limbah hasil produksi industri dan tempat penyebrangan kapal sehingga dapat menghasilkan logam berat yang

tinggi dan berbahaya sehingga dapat mengakumulasi organisme perairan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa wilayah ini memiliki pencemaran yang tinggi akibat aktivitas pembuangan limbah dan sisa-sisa bahan bakar kapal penyebrangan yang terjatuh ke dalam perairan. SNI (2009), batas baku mutu pangan untuk logam berat Pb sebesar 1,5 ppm, logam berat Hg dan Cd sebesar 1 ppm. Berdasarkan hal tersebut maka hasil logam berat yang diperoleh pada ketiga stasiun tersebut masih dalam ambang batas aman.

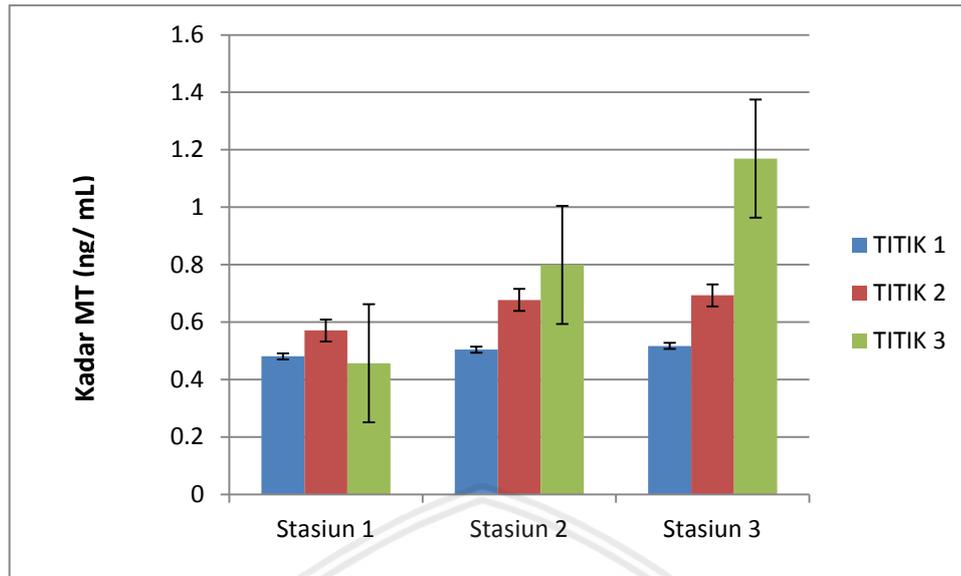
Dari hasil pengamatan grafik diatas, penyerapan logam berat pada keseluruhan organ siput *S. testudinaria* pada stasiun 3 lebih banyak menyerap logam berat Pb (Timbal), Hg (Merkuri) dan Cd (Kadmium) dibandingkan dengan stasiun 1 dan stasiun 2. Sitorus (2004) menyatakan bahwa logam berat terutama timbal memiliki daya racun yang tinggi serta mempunyai sifat bioakumulatif dalam tubuh organisme air yang akan terus menerus mengakumulasi sampai organisme tersebut tidak bisa mentolerir lagi kandungan logam berat dalam tubuhnya. Karena sifat bioakumulatif ini maka dapat terjadi konsentrasi logam berat dalam bentuk terlarut lebih rendah dibandingkan pada sedimen yang relatif lebih tinggi akibat proses-proses fisika, kimia dan biologi perairan. Ketika logam berat sudah terpapar ke dalam tubuh hewan air, daya racunnya akan meningkat sampai beberapa kali lipat (*biomagnification*). Semakin tinggi logam berat dalam perairan akan menyebabkan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh (Saenabet *al.*, 2014). Tingginya akumulasi logam berat yang terdapat pada siput *S. testudinaria* dikarenakan oleh kebiasaan makannya yang menyaring makanan (*filter feeder*).

Mekanisme pencemaran yang masuk melalui makanan dimulai dari saluran pencernaan lalu diedarkan melalui peredaran darah ke ginjal, hati, empedu lalu keorgan lainnya. Pencemaran yang masuk melalui rantai makanan akan mengalami perubahan bentuk (biotransformasi) dan pertumbuhan biomassa

organisme perairan. Proses akumulasi ini tidak dapat berbalik atau dengan kata lain akan terus terakumulasi sampai kadarnya melebihi kemampuan toleransi organisme tersebut dan jika dikonsumsi oleh manusia maka akan tertimbun dalam biomassa manusia dan akan mengalami kerusakan jaringan yang bisa mengakibatkan gangguan organ yang berujung kematian (Siregar dan Edward, 2010). Adapun faktor akumulasi logam berat pada biota laut relatif berbeda-beda yang disebabkan oleh perbedaan sifat biologis seperti umur, kelamin dan sifat fisiologis lainnya ataupun dapat disebabkan karena keadaan lingkungan baik fisika, kimia dan biologi yang terdapat disekitar lokasi penelitian (Wulandari, 2010). Secara fisiologis siput dan organisme yang berada didalam lingkungan perairan memiliki kemampuan dalam mentolerir logam berat dan dapat mendegradasinya sedikit demi sedikit. Kemampuan inii dapat diperoleh siput dalam bentuk protein yang dinamakan protein metallothionein.

4.4 Kadar Metallothionein Pada Keseluruhan Organ Siput *Sulcospira testudinaria*

Pengambilan sampel siput yang dipakai di setiap stasiun penelitian diuji kadar metallothioneinnya untuk mengetahui seberapa banyak kadar yang dihasilkan padaperairan yang diduga mengalami pencemaran limbah aktivitas manusia baik rumah tangga, industri ataupun aktivitas lainnya. Pengujian kadar metallothionein diukur dengan menggunakan metode ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*). Dari hasil penelitian diketahui bahwa jumlah kadar metallothionein yang dihasilkan berbeda-beda pada setiap stasiun pengamatan. Pengaruh kadar metallothionein berbeda-beda karena berbeda pula tingkat pencemaran yang mengkontaminasinya pada setiap lokasi. Nilai rata-rata kadar metallothionein dapat dilihat pada lampiran 4 Adapun pengamatan kadar metallothionein yang terdapat dalam keseluruhan organ *S.testudinaria* pada stasiun 1, 2 dan 3 dapat dilihat melalui grafik pada gambar 7



Gambar 7. Grafik Rata-rata Metallothionein Pada Keseluruhan organ *Sulcospira testudinaria*

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa nilai rata-rata kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput *Sulcospira testudinaria* di stasiun 1 diperoleh sebesar 0.4569 ng/ml - 0.5707 ng/ml. Pada stasiun 2 didapatkan hasil sebesar 0.5045 ng/ml - 0.7992 ng/ml. Adapun pada stasiun 3 didapatkan hasil pengukuran rata-rata kadar metallothionein sebesar 0.5171 ng/ml - 1.1691 ng/ml. Nilai keragaman data pada stasiun 3 lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya.

Hasil rata-rata pengukuran kadar metallothionein pada keseluruhan organ *S. testudinaria* pada stasiun 3 lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun 1 dan 2. Tingginya kadar metallothionein pada stasiun 3 didasarkan oleh tingginya kadar logam berat yang terkontaminasi pada stasiun pengamatan ini jika dibandingkan dengan kadar logam berat di stasiun 1 dan 2. Hal ini menyebabkan terakumulasinya jumlah logam berat pada keseluruhan organ siput pada stasiun 3 lebih tinggi dibandingkan stasiun 1 dan stasiun 2, sehingga menyebabkan kadar metallothionein semakin tinggi dibandingkan dengan stasiun pengamatan lainnya. Keberadaan metallothionein dipengaruhi oleh keberadaan bahan

pencemar seperti logam berat, hal ini dikarenakan protein MT mampumengikat ion-ion logam berat, dan sintesis MT diinduksi antara lain oleh logam berat, virus, alkohol, fenol, ataupun senyawa toksik lain yang dapat menyebabkan kerusakan sel (Prihatini, 2015).

Menurut Lasut (2002), menyatakan bahwa metallothionein merupakan protein yang memiliki tingkat kepekaan dan keakuratan yang tinggi dalam mendeteksi indikator pencemaran. Hal ini dikarenakan logam-logam dapat tersekap didalam jaringan tubuh organisme dikarenakan adanya protein tersebut. Dengan demikian protein metallothionein memiliki fungsi dan peran dalam proses pengikatan atau penyekapan logam didalam jaringan makhluk hidup. Transpor logam berat didalam tubuh siput dilakukan oleh darah dalam bentuk hemoglobin dalam sel darah merah. Pada saat demikian hati memiliki peranan dalam mendeteksi dan mendetoksifikasi polutan yang masuk ke dalam tubuh dengan cara mengeksresi protein metallothionein sehingga akumulasi metallothionein akan tinggi pada saat akumulasi logam berat yang masuk ke dalam tubuh juga tinggi (Suratno *et al.*, 2017). Hal ini yang menyebabkan siput *S. testudinaria* dapat bertahan hidup dilingkungan yang tercemar logam berat. Jika pencemaran logam berat yang masuk ke dalam tubuh makhluk hidup tinggi maka pengikatan polutan dalam hati melebihi batas, sehingga akumulasi logam berat akan diakumulasikan didalam keseluruhan organ siput, jika siput masuk ke dalam rantai makanan maka akan menghasilkan *biomagnifications* pada predator tingkat atas. Akumulasi logam berat bervariasi pada setiap individu dan jenis biota tergantung ukuran, umur, laju metabolisme dan laju ekskresinya (Cordova, 2016).

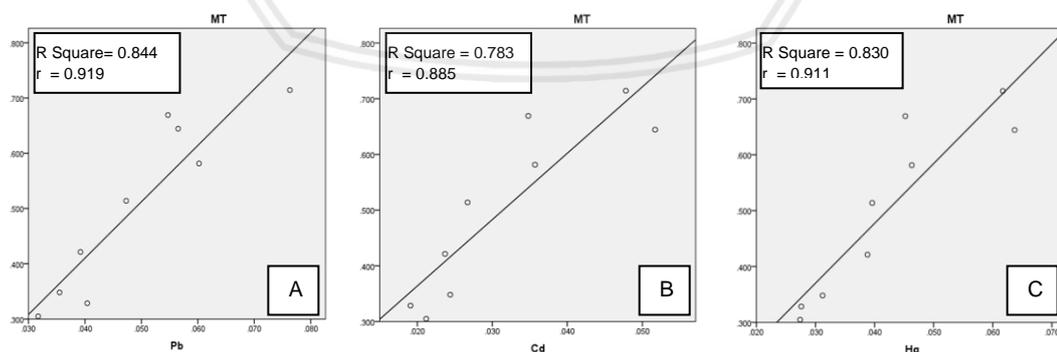
4.5 Hubungan Kadar Logam Berat Dengan Kadar Metallothionein Pada Keseluruhan Organ Siput *Sulcospira testudinaria*

Hubungan antara kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput *S. testudinaria* diukur dengan menggunakan aplikasi

SPSS16.0 hingga didapatkan hasil koefisien determinasi (R^2) dan koefisien korelasi (r) untuk mengetahui adanya hubungan antara kedua variabel yaitu kadar metallothionein dan kadar logam berat. Sungkawa (2013), menyatakan bahwa hubungan antara dua atau lebih variabel dapat diketahui dengan menggunakan analisis regresi. Pada analisa regresi terdapat dua variabel yang dinyatakan dengan variabel independen (tidak bebas) yang ditandakan dengan notasi "X" dan variabel dependen (bebas) yang ditandakan dengan notasi "Y".

4.5.1 Hubungan Kadar Logam Berat Dengan Kadar Metallothionein Pada Keseluruhan Organ Siput *Sulcospira testudinaria* di Stasiun 1

Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput *S. testudinaria* diukur dengan menggunakan analisis regresi dengan aplikasi SPSS 16.0. Model analisis regresi ini digunakan untuk mengetahui kadar logam berat Pb, Cd dan Hg yang merupakan variabel bebas/independen (X) terhadap kadar metallothionein yang merupakan variabel terikat/dependen (Y) pada keseluruhan organ siput *S.testudinaria*. Adapun hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput *S. testudinaria* di stasiun 1 dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan kadar logam berat Pb(A), Cd (B) dan Hg (C) terhadap kadar Metallothionein pada keseluruhan organ *Sulcospira testudinaria*

Berdasarkan data hasil regresi linier sederhana diperoleh hasil kadar logam berat Pb terhadap kadar metallothionein memiliki persamaan model linear yaitu $Y = 10.19x + 0.002$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.843 dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0.918 dan hubungan fungsional sebesar 84,3% dan dipengaruhi faktor lain sebesar 16,7%. Hasil kadar logam berat Hg terhadap kadar metallothionein memiliki persamaan model linear yaitu $Y = 10.70x + 0.049$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.829 dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0.910 dan hubungan fungsional sebesar 82,9% dan dipengaruhi faktor lain sebesar 17,1%. Kadar logam berat Cd terhadap kadar metallothionein memiliki persamaan model linear yaitu $Y = 11.92x + 0.125$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.783 dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0.885 dan hubungan fungsional sebesar 78,3% dan dipengaruhi faktor lain sebesar 21,7%.

abel 3. Uji Standarisasi Z (Z-score) stasiun 1
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-5.856E-16	.141		.000	1.000
	Zscore: Pb	.919	.149	.919	6.147	.000

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-2.087E-17	.147		.000	1.000
	Zscore: Hg	.911	.156	.911	5.842	.001

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Coefficients^a

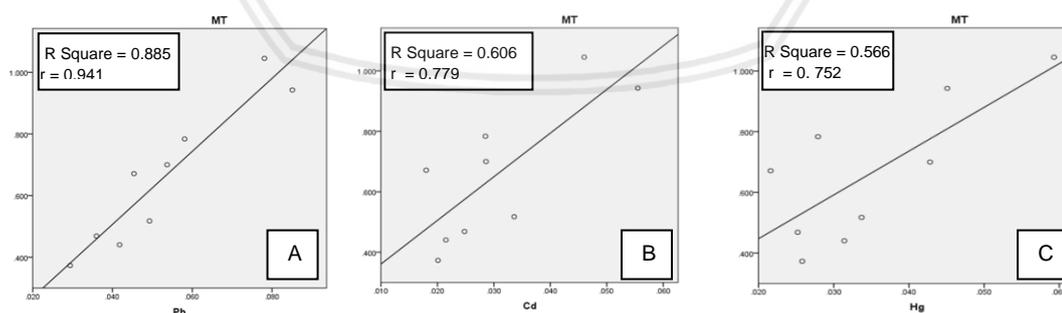
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.587E-16	.166		.000	1.000
	Zscore: Cd	.885	.176	.885	5.030	.002

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Berdasarkan hasil uji standarisasi Z (Z-score) pada tabel 2 diketahui bahwa pengaruh logam berat antara Pb, CCd dan Hg terhadap kadar metallothionein paling besar di stasiun 1 adalah logam berat Pb sebesar 0.919 dan nilai koefisien korelasi (r) untuk logam berat Pb,Cd dan Hg pada stasiun 1 memiliki hubungan yang sangat kuat. Hal ini sesuai dengan pendapat sugiyono (2008), yang menyatakan bahwa nilai koefisien korelasi (r) pada interval 0,8-1,0 menunjukkan tingkat hubungan yang sangat kuat.

4.5.2 Hubungan Kadar Logam Berat Dengan Kadar Metallothionein Pada Keseluruhan Organ Siput *Sulcospira testudinaria* di Stasiun 2

Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput *S. testudinaria* diukur dengan menggunakan analisis regresi. Model analisis regresi ini digunakan untuk mengetahui kadar logam berat Pb, Cd dan Hg yang merupakan variabel bebas (X) terhadap kadar metallothionein yang merupakan variabel terkait (Y) pada keseluruhan organ siput *S.testudinaria*. Adapun hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput *S. testudinaria* di stasiun 2 dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan kadar logam berat Pb (A), Cd (B) dan Hg (C) terhadap kadar Metallothionein pada keseluruhan organ *Sulcospira testudinaria*

Berdasarkan data hasil regresi linier sederhana diperoleh hasil kadar logam berat Pb terhadap kadar metallothionein memiliki persamaan model linear yaitu $Y = 11.84x + 0.032$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.884 dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0.940 dan hubungan fungsional sebesar 88,4% dan dipengaruhi faktor lain sebesar 11,6%. Hasil kadar logam berat Hg terhadap kadar metallothionein memiliki persamaan model linear yaitu $Y = 16.92x + 0.072$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.779 dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0.883 dan hubungan fungsional sebesar 77,9% dan dipengaruhi faktor lain sebesar 22,1%. Kadar logam berat Cd terhadap kadar metallothionein memiliki persamaan model linear yaitu $Y = 16.33x + 0.158$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.776 dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0.881 dan hubungan fungsional sebesar 77,6 % dan dipengaruhi faktor lain sebesar 22,4%.

Tabel 4. Uji Standarisasi Z (Z-score) stasiun 2

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-8.989E-17	.121		.000	1.000
	Zscore: Pb	.941	.128	.941	7.327	.000

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.742E-16	.235		.000	1.000
	Zscore: Hg	.752	.249	.752	3.023	.019

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-2.751E-17	.224		.000	1.000
	Zscore: Cd	.779	.237	.779	3.284	.013

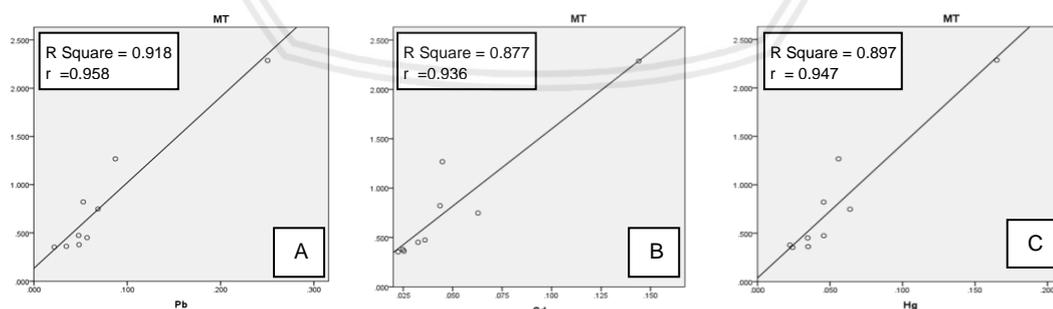
a. Dependent Variable: Zscore: MT



Berdasarkan hasil uji stadarisasi Z (Z-score) pada tabel 3 diketahui bahwa pengaruh logam berat antara Pb, CCd dan Hg terhadap kadar metallothionein paling besar di stasiun 2 adalah logam berat Pb sebesar 0.941 dan nilai koefisien korelasi (r) untuk logam berat Pb,Cd dan Hg pada stasiun 2 memiliki hubungan yang sangat kuat. Hal ini sesuai dengan pendapat sugiyono (2008), yang menyatakan bahwa nilai koefisien korelasi (r) pada interval 0,8-1,0 menunjukan tingkat hubungan yang sangat kuat.

4.5.3 Hubungan Kadar Logam Berat Dengan Kadar Metallothionein Pada Keseluruhan Organ Siput *Sulcospira testudinaria* di stasiun 3

Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput *S. testudinaria* diukur dengan menggunakan analisis regresi. Model analisis regresi ini digunakan untuk mengetahui kadar logam berat Pb, Cd dan Hg yang merupakan variabel bebas (X) terhadap kadar metallothionein yang merupakan variabel terkait (Y) pada keseluruhan organ siput *S.testudinaria*. Adapun hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada keseluruhan organ siput *S. testudinaria* di stasiun 3 dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik hubungan kadar logam berat Pb (A), Cd (B) dan Hg (C) terhadap kadar Metallothionein pada keseluruhan organ *Sulcospira testudinaria*

Berdasarkan data hasil regresi linier sederhana diperoleh hasil kadar logam berat Pb terhadap kadar metallothionein memiliki persamaan model linear yaitu $Y = 8.870x + 0.134$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.917 dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0.957 dan hubungan fungsional sebesar 91,7% dan dipengaruhi faktor lain sebesar 8,3%. Hasil kadar logam berat Hg terhadap kadar metallothionein memiliki persamaan model linear yaitu $Y = 13.81x + 0.037$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.897 dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0.947 dan hubungan fungsional sebesar 89,7 % dan dipengaruhi faktor lain sebesar 12,3%. Kadar logam berat Cd terhadap kadar metallothionein memiliki persamaan model linear yaitu $Y = 15.64x + 0.034$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.876 dengan koefisien korelasi (r) sebesar 0.936 dan hubungan fungsional sebesar 87,6% dan dipengaruhi faktor lain sebesar 12,4 %.

Tabel 5. Uji Standarisasi Z (Z-score) stasiun 3
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.228E-16	.102		.000	1.000
	Zscore: Pb	.958	.108	.958	8.836	.000

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.279E-16	.114		.000	1.000
	Zscore: Hg	.947	.121	.947	7.817	.000

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.637E-17	.125		.000	1.000
	Zscore: Cd	.936	.133	.936	7.052	.000

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Berdasarkan hasil uji standarisasi Z (Z-score) pada tabel 4 diketahui bahwa pengaruh logam berat antara Pb, CCd dan Hg terhadap kadar metallothionein paling besar di stasiun 3 adalah logam berat Pb sebesar 0.958 dan nilai koefisien korelasi (r) untuk logam berat Pb,Cd dan Hg pada stasiun 3 memiliki hubungan yang sangat kuat. Hal ini sesuai dengan pendapat Riduwan (2010), yang menyatakan bahwa nilai koefisien korelasi (r) pada interval 0,8-1,0 menunjukkan tingkat hubungan yang sangat kuat.

4.6 Parameter Kualitas Air

Pada penelitian ini parameter kualitas air yang diukur meliputi parameter fisika yaitu suhu. Pengukuran dengan menggunakan parameter kimia yaitu oksigen terlarut dan pH (derajat keasaman). Adapun hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia

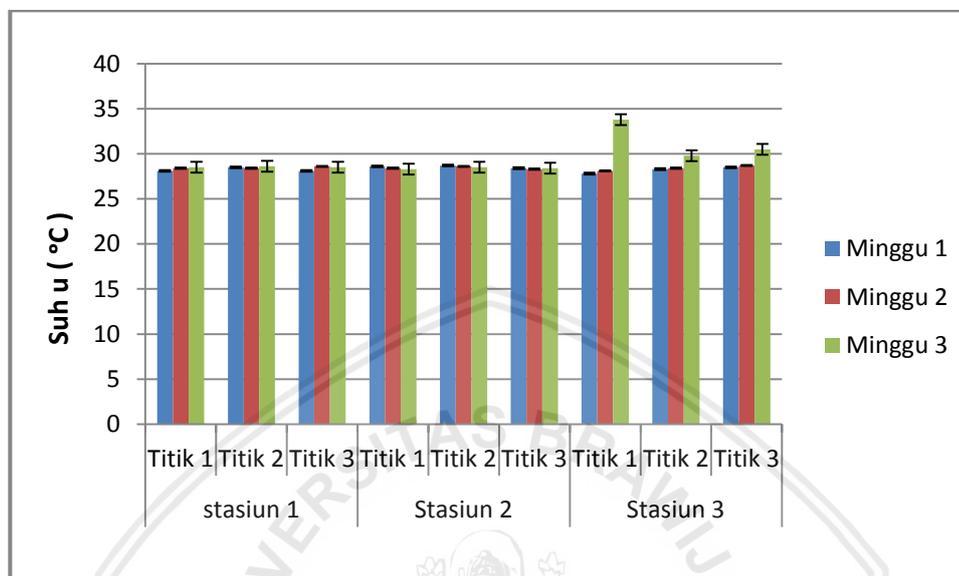
Parameter	Titik	Stasiun Penelitian									Standart Baku Mutu
		1			2			3			
		Minggu ke-									
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Suhu (°C)	1	28.1	28.5	28.1	28.6	28.7	28.4	27.8	28.3	28.5	25-35(°C) (Mardatila <i>et al.</i> , 2016)
	2	28.4	28.4	28.6	28.4	28.6	28.3	28.1	28.4	28.7	
	3	28.5	28.6	28.5	28.3	28.5	28.4	33.8	29.8	30.5	
pH	1	7	7.5	7	7.7	7.3	7	7.7	7.1	7.5	6.5-8.5 (Hutabarat dan Evans, 1985)
	2	6.9	7.3	7.1	7.5	7.3	7.1	7.7	7	7.4	
	3	6.7	7.6	6.9	6.8	7.4	6.9	7.4	6.9	7.2	
DO (mg/L)	1	6.1	7.2	7.7	7	6.9	7.5	6.3	6.9	7.1	>5 mg/L (Peraturan Pemerintah No. 82 Th. 2001)
	2	5.9	7	7.1	6.7	6.5	7.7	6	6.5	6.8	
	3	5.5	6.7	4.9	6.15	6.1	7.6	5.87	5	6.3	

4.6.1 Suhu

Suhu merupakan parameter kualitas air yang memiliki pengaruh yang besar dalam kehidupan organisme dan juga menjadi salah satu faktor pembatas perairan. Pengukuran suhu yang dilakukan pada ketiga stasiun didapatkan hasil yang berbeda-beda pada setiap stasiunnya. Hal ini dikarenakan faktor yang mempengaruhi suhu yaitu waktu pengukuran, intensitas cahaya dan keadaan



tutupan seperti awan dan tanaman yang mempengaruhi hasil pengukuran. Adapun hasil pengukuran suhu yang didapatkan, disajikan dengan grafik pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik pengukuran Suhu pada lokasi penelitian

Kisaran suhu yang didapatkan dari ketiga stasiun penelitian ini antara 27.8 °C - 33.8°C. Pada stasiun 1 didapatkan hasil pengukuran suhu berkisar antara 28.1°C - 28.6°C. Pada Stasiun 2 didapatkan hasil pengukuran suhu berkisar antara 28.3°C -28.7°C. Pada Stasiun 3 didapatkan hasil pengukuran suhu berkisar antara 28.5°C-33.8°C. Nilai keragaman data pada titik sampling pertama di stasiun 3 lebih tinggi dibandingkan dengan titik sampling lainnya.

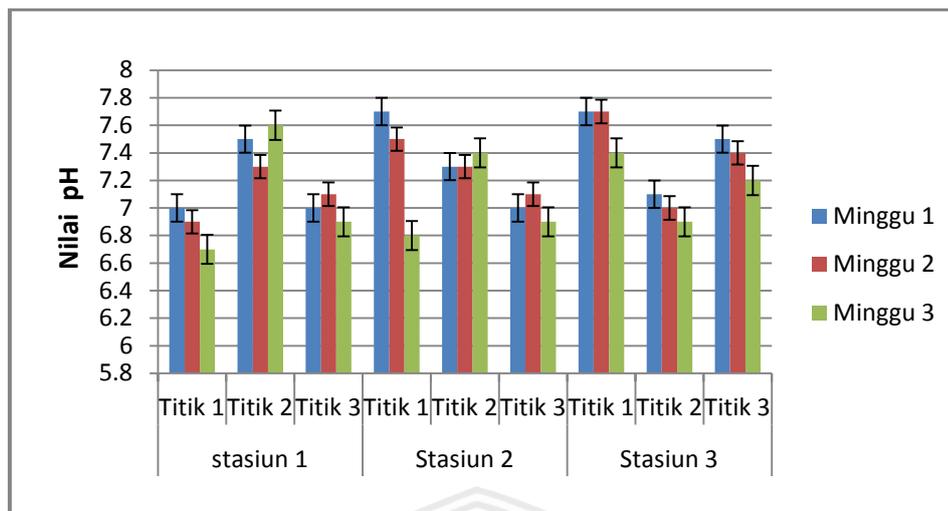
Dari hasil pengukuran ketiga stasiun, stasiun ke 3 lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun 1 dan stasiun 2. Hal ini dikarenakan waktu pengukuran sampel yang berbeda-beda dikarenakan keberadaan dari stasiun 1 dan 2 yang berdekatan sedangkan untuk stasiun 3 memerlukan waktu yang lebih lama untuk tiba di lokasi pengukuran sampel. Suhu tertinggi diperoleh di stasiun 3 yang merupakan tempat pembuangan limbah hasil industri dimana lokasi pengukuran sampel terbebas dari vegetasi yang membuat cahaya menembus langsung ke perairan dan berdekatan dengan tempat pengeluaran limbah

sehingga keadaan suhu menjadi naik. Adapun stasiun 1 dan 2 memiliki jumlah vegetasi yang banyak disekitaran tempat pengukuran sampel, sehingga cahaya terhalang oleh vegetasi sebelum masuk ke dalam perairan.

Suhu yang optimum untuk perkembangan dan reproduksi siput berkisar antara 25°C - 35°C, namun jika melebihi dari 40 °C dapat menyebabkan kematian (Mardatila *et al.*, 2016). Suhu memiliki pengaruh yang penting dalam keberadaan logam berat diperairan, dimana suhu yang relatif dingin dapat menyebabkan logam berat mengendap kesedimen, sedangkan jika terjadi kenaikan suhu maka akan membuat logam berat larut dalam perairan (Happy *et al.*, 2012). Suhu memiliki peranan yang penting dalam penyerapan logam berat, dimana suhu yang lebih tinggi akan meningkatkan kelarutan logam berat dan pembentukan ion logam berat, sehingga meningkatkan proses metabolisme tubuh yang mengakibatkan tingginya jumlah protein metallothionein yang dihasilkan (Wulandari *et al.*, 2009).

4.6.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan parameter kualitas air yang memiliki pengaruh yang besar dalam kehidupan organisme dan juga menjadi salah satu faktor pembatas perairan. Nilai derajat keasamaan (pH) di perairan dapat berubah karena pengaruh bahan masukan dari limbah domestik maupun limbah industri. Pengukuran pH yang dilakukan pada ketiga stasiun didapatkan hasil yang berbeda-beda pada setiap stasiunnya. Pengukuran derajat keasaman dengan menggunakan pH meter pada setiap stasiun penelitian. Adapun hasil pengukuran derajat keasaman (pH) yang didapatkan, disajikan dengan grafik pada gambar 12.



Gambar 12. Grafik pengukuran pH pada lokasi penelitian

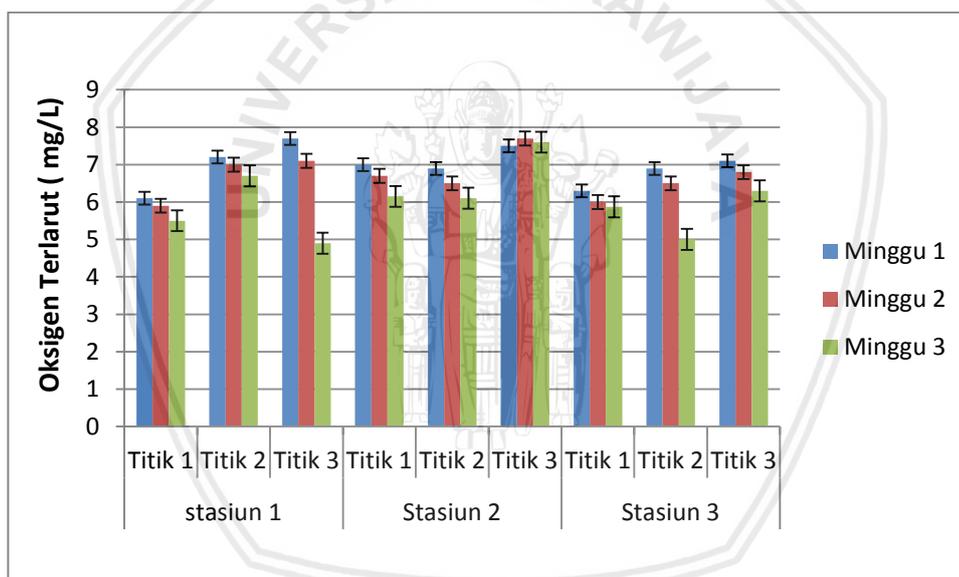
Kisaran pH yang didapatkan dari ketiga stasiun penelitian ini antara 6.7 - 7.7. Pada stasiun 1 didapatkan hasil pengukuran pH berkisar antara 6.7-7.6. Pada Stasiun 2 didapatkan hasil pengukuran pH berkisar antara 6.8-7.7. Pada Stasiun 3 didapatkan hasil pengukuran pH berkisar antara 6.9-7.7. Nilai keragaman data pada titik sampling pertama di stasiun 2 lebih tinggi dibandingkan dengan titik sampling lainnya.

Dari hasil pengukuran ketiga stasiun, didapatkan hasil pengukuran pH yang bervariasi di setiap stasionnya namun tidak terlalu signifikan dan masih tergolong ke dalam kondisi yang baik untuk kehidupan organisme perairan. Tinggi rendahnya nilai pH mempengaruhi terhadap reproduksi gastropoda. Gastropoda umumnya memerlukan pH berkisar antara 6.5-8.5 untuk kelangsungan hidup dan bereproduksi secara optimum (Hutabarat dan Evans, 1985). Keseimbangan nilai pH dalam aliran sungai memiliki peranan yang penting, hal ini dikarenakan kelarutan logam berat berkaitan dengan nilai derajat keasaman (pH). Pencemaran perairan yang berlebihan dapat menurunkan nilai pH menjadi asam. Kelarutan logam berat yang berada pada perairan akan lebih tinggi pada pH rendah sehingga menyebabkan toksisitas semakin besar (Happy

et al.,2012). Hal ini sesuai dengan pendapat Wulandari (2009), menyatakan bahwa pada kondisi pH yang relatif rendah membuat logam berat cenderung terlarut sehingga toksisitas perairan semakin tinggi.

4.6.3 Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut (DO) merupakan parameter kualitas air yang memiliki pengaruh yang besar dalam kehidupan organisme dan juga menjadi salah satu faktor pembatas perairan. Pengukuran oksigen terlarut yang dilakukan pada ketiga stasiun didapatkan hasil yang berbeda-beda pada setiap stasiunnya. Adapun hasil pengukuran oksigen terlarut yang didapatkan, disajikan dengan grafik pada gambar 13.



Gambar 13. Grafik pengukuran Oksigen Terlarut pada lokasi penelitian

Kisaran oksigen terlarut yang didapatkan dari ketiga stasiun penelitian ini antara 4.9 – 7.7 mg/L. Pada stasiun 1 didapatkan hasil pengukuran oksigen terlarut berkisar antara 5.5 - 7.7 mg/L. Pada Stasiun 2 didapatkan hasil pengukuran oksigen terlarut berkisar antara 6.1 - 7.7 mg/L. Pada Stasiun 3 didapatkan hasil pengukuran oksigen terlarut berkisar antara 5 - 7.1 mg/L. Nilai

keragaman data pada titik sampling ketiga di stasiun 1 lebih tinggi dibandingkan dengan titik sampling lainnya.

Dari hasil pengukuran ketiga stasiun, stasiun ke 3 lebih rendah dibandingkan dengan stasiun 1 dan stasiun 2. Hal ini dikarenakan waktu pengukuran dan keadaan lingkungan sekitar yang mempengaruhi. Keberadaan dari stasiun 1 dan 2 yang berdekatan sedangkan untuk stasiun 3 memerlukan waktu yang lebih lama untuk tiba di lokasi pengukuran sampel. Adapun faktor lain yang menyebabkan nilai oksigen terlarut rendah diperoleh di stasiun 3 dikarenakan pada stasiun 3 merupakan tempat pembuangan limbah hasil industri, dimana pembuangan limbah langsung menuju perairan dan lokasi pengukuran sampel berdekatan dengan pembuangan limbah sehingga mengakibatkan penurunan nilai DO pada stasiun 3. Sesuai dengan standart baku mutu dari Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.82 Tahun 2001, menyatakan bahwa kadar oksigen terlarut pada perairan adalah > 4 mg/l. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perairan masih tergolong aman untuk kehidupan organisme perairan.

Kandungan oksigen terlarut (DO) di perairan dapat dijadikan petunjuk tentang adanya pencemaran bahan organik akibat bertambahnya aktivitas dekomposisi dalam menguraikan limbah yang masuk mengakibatkan penurunan oksigen terlarut dalam air (Riza, *et al.*, 2015). Oksigen terlarut mempengaruhi kelarutan logam di perairan. Kandungan oksigen terlarut yang rendah akan menyebabkan daya larut logam lebih rendah dan mudah mengendap (Rachmaningrum, 2015). Hal ini sama dengan pendapat Supriyantini dan Endrawati (2007), yang mengungkapkan konsentrasi DO yang rendah menyebabkan kelarutan logam berat rendah sehingga mudah mengendap ke dasar sedimen. Pada dasar sedimen ini terjadi akumulasi logam berat sehingga kandungan logam berat di sedimen lebih besar dibandingkan dengan

diperairan. Akumulasi logam berat yang berada pada sedimen sebagai tempat hidup *S. testudinaria* menyebabkan akumulasi logam berat pada *S. testudinaria* semakin tinggi.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

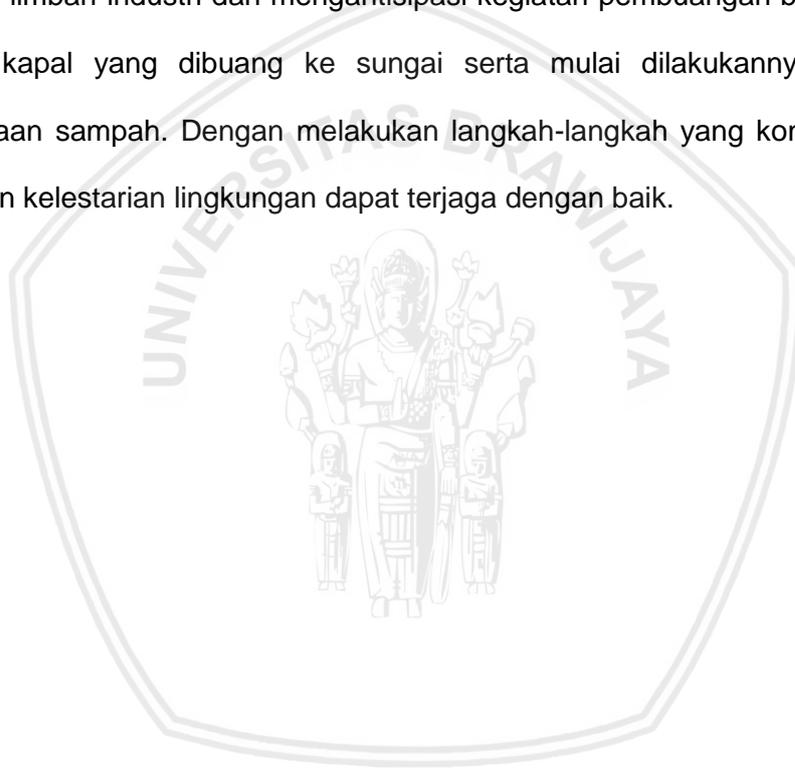
Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada ketiga stasiun maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil analisis logam berat Pb, Hg dan Cd yang diambil dari *S. testudinaria* pada masing-masing stasiun pengamatan menunjukkan hasil yang masih dibawah kategori amanyang ditetapkan oleh Standart Nasional Indonesia (SNI).
- Hasil analisis kadar metallothionein pada keseluruhan organ *S. testudinaria* didapatkan hasil tertinggi pada stasiun 3 dibandingkan dengan stasiun 1 dan 2. Rata-rata kadar MT pada stasiun 1 sebesar 0.5029 ng/ml, pada stasiun 2 sebesar 0.6603 ng/ml dan pada stasiun 3 sebesar 0.7931
- Hasil analisis hubungan logam berat dengan metallothionein menggunakan metode hubungan korelasi menunjukkan hasil regresi bahwa logam berat memiliki pengaruh kuat dengan keberadaan metallothionein yang terdapat pada *S.testudinaria* sehingga membuktikan bahwa semakin tinggi logam berat yang masuk ke dalam tubuh *S.testudinaria* semakin tinggi kadar metallothionein yang dihasilkan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan keseluruhan organ *S.testudinaria* menunjukkan hubungan yang kuat terhadap keberadaan logam berat sehingga dapat dijadikan pendeteksi dini terkait pencemaran limbah logam berat. Penelitian mengenai sumber limbah dan perairan yang terdapat pada wilayah tersebut perlu dilakukan, untuk mengetahui secara pasti jenis logam berat yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa kadar *S.testudinaria* masih belum mendekati ambang batas yang ditentukan sehingga masih berada dibawah zona aman bagi keberlangsungan *S.testudinaria*, akan tetapi nilainya sudah mendekati ambang batas yang ditentukan.Maka dari itu perbaikan lingkungan dimulai dari diadakannya kegiatan-kegiatan yang dapat mengurangi kerusakan sudah mulai dilakukan. Kegiatan-kegiatan yang demikian itu dapat dimulai dengan melakukan pencegahan langsung pembuangan limbah domestik disungai, mengurangi kuantitas limbah industri dan mengantisipasi kegiatan pembuangan bahan bakar dan oli kapal yang dibuang ke sungai serta mulai dilakukannya kegiatan pengelolaan sampah. Dengan melakukan langkah-langkah yang kongkrit dapat dipastikan kelestarian lingkungan dapat terjaga dengan baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Affan, J.M. 2012. Identifikasi Lokasi Untuk Pengembangan Budidaya Keramba Jaring Apung (KJA) Berdasarkan Faktor Lingkungan Dan Kualitas Air Di Perairan Pantai Timur Bangka Tengah. *Depik*. 1(1):78-85.
- Arsy,R,F. 2011. Metode Survei Deskriptif Untuk Mengkaji Kemampuan Interpretasi Citra Pada Mahasiswa Pendidikan Geografi Fkip Universitas Tadulako. FKIP Universitas Tadulako.
- Asni,A.2015. Analisis Produksi Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Berdasarkan musim dan jarak lokasi budidaya di perairan kabupaten malang. *Jurnal Akuatika*. 6(2): 140-153.
- Asra, T. 2009. Kontaminasi Logam Berat pada Makanan dan Dampaknya pada Kesehatan. *Jurnal Teknubuga*. 2 (2).
- Badan Standardisasi Nasional.2009. Batas Maksimum Cemaran Logam Dalam Pangan. Standar Nasional Indonesia (SNI 7387:2009). Jakarta.
- Bangun,J,M. 2005. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Dalam Air, Sedimen Dan Organ Tubuh Ikan Sokang (*Triacanthus Nieuhofti*)Di Perairan Ancol, Teluk Jakarta. Fakultas Perikanan Dan Ilmu KelautanInstitut Pertanian Bogor: Bogor.
- Bebiano, M.J., Cravo, A., Miguel, C., dan Morais, S., 2003. Metallothionein Concentrations in A Population of *Patella aspersa*: Variation with Size. *Sci. Total Environ.*, 301:151–161.
- Boster Biological Technology. 2011. ELISA Handbook: *Principle, Troubleshooting, Sample Preparation and Assay Protocols*.3942 Valley Ave., Suite B, Pleasanton, CA 94566.
- Boster Biological Technology. 2011. ELISA Handbook: Principle, Troubleshooting, Sample Preparation and Assay Protocols.3942 Valley Ave., Suite B, Pleasanton, CA 94566.
- Bull. 1976. The enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). World Health Organ.
- Carvalho,C,d,S., Bernusso,V,A., Fernandes,M,N. 2015. Copper levels and changes in pH induce oxidative stress in the tissue of curimbata (*Prochilodus lineatus*). *Aquatic Toxicology Journal*.
- Cordova,M.R. 2016.Mekanisme Gangguan Genetik Dan Mutasi Pada *Bivalvia* Yang Dipengaruhi Oleh Logam Berat Timbal. *Oseana*, Volume XLI. 3: 27-34.
- Dewi, M. 2016. Kinerja UPTD Dalam Pengelolaan Objek Wisata Candi Muara Takus Kecamatan XIII Koto Kampar Kabupaten Kampar. *JOM FISIP*. 3(2): 1 – 16.



- Dewi,N,K.,Purwanto., Sunoko,H,R. 2014. Metallothionein Pada Hati Ikan Sebagai Biomarker Pencemaran Kadmium (Cd) Di Perairan Kaligarang Semarang. Jurusan Biologi, Fmipa Universitas Negeri Semarang.
- Dewi.2011. Analisa Cemar Logam Berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu) dan Kadmium (Cd) Dalam Tepung gandum secara spektrofotometri serapan atom. FMIPA. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Elfidasari, D., N. Noriko., Y. Effendi dan R.L. Puspitasari. 2015. Kualitas Air Situ Lebak Wangi Bogor Berdasarkan Analisa Fisika, Kimia dan Biologi. *Jurnal AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI* . 3(2). Experiment Station. Auburn University. Alabama.
- Fadhillah, N., Musrianih dan Sustrisnawati. 2013. Keanekaragaman Gastropoda Air Tawar Di Berbagai Macam Habitat Di Kecamatan Tanambulava Kabupaten Sigi. *e-Jipbiol*. 2: 13-19.
- Fatimah,N. 2013. Deteksi Kesehatan Benih Dengan Metode Indirect Elisa. Pbt Pertama BBPPTP: Surabaya.
- Febrita,E., Darmadi., T,Trisnani. 2013. Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Siput Merah (*Cerithidea Sp*) Di Perairan Laut Dumai Provinsi Riau. *Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau*.
- Fernanda,L. 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. FMIPA Departemen Kimia:Depok.
- Handayani S.T., Suharto. B dan Marsoedi.2001. Penentuan Status Kualitas Perairan Sungai Brantas Hulu Dengan Biomonitoring Makrozoobentos: TINJAUAN DARI PENCEMARAN BAHAN ORGANIK. *BIOSAIN*. 1 (1): 30-38.
- Handayanto, E., Mudarrisna,N and Krisnayanti,B.D. 2014. Induced Phytoextraction Of Mercury And Gold From Cyanidation Tailings Of Small-scale Gold Mining Area Of West Lombok, Indonesia. *Advance in environmental biology* 8(5):1277-1284.
- Happy, R., Masyamsir dan Dhahiyat. 2012. Distribusi Kandungan Logam Berat Pb dan Cd Pada Kolom Air dan Sedimen Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 3(3): 175-182.
- Hartati, R., A. Djunaedi., Hariyadi., Dan Mujiyanto. 2012. Struktur Komunitas Padang Lamun Di Perairan Pulau Kumbang, Kepulauan Karimun Jawa. *Ilmu Kelautan*. Vol. 17 (4): 217-225.
- Heryanto, F.2013. Fitoremediasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove. *Ilmu Kelautan*. 18 (4): pp 203–212.

- Hutabarat, S. dan S. M. Evans. 1985. *Pengantar Oseanografi*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Indrawati, G dan Muhsin. 2010. Metallothionein, Unconventional Proteins from Unconventional Animal: A Long Journey from Nematodes to Mammals. *Biomolecules*. Vol 4. Pp: 435-457.
- Isani, G., G, Andreani., M, Kindt dan E, Carpene. 2000. Metallothioneins (MTs) In Marine Molluscs. *Veterinary Section of The Departement of Biochemistry University of Bologna: Italy Israr et al., 2006*.
- Kadir, H. 2013. Biokonsentrasi Logam Berat Pb Pada Karang Lunak *Sinularia Polydactyla* Di Perairan Pulau Laelae, Pulau Bonebatang Dan Pulau Badi. FIKP UNHASS: Makassar.
- Kordi, K. dan Andi T. 2010. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Laimeheriwa, B.M. 2017. Beberapa Aspek Bioekologi Siput Cincin, *Cypraea annulus*. Universitas Pattimura. Ambon.
- Lasut, Markus T. 2002. Metallothionein: Suatu Parameter Kunci yang Penting dalam Penetapan Baku Mutu Air Laut (BMAL) Indonesia. *Jurnal Ekoton* Vol. 2, No. 1 Hal: 61-68.
- Ling, T., Fanke, Y and Jun, R. 2010. Effect Of Mercury To Seedgermination, Coleoptiles Growth And Root Elongation Of Four Vegetables. *Research journal of phytochemistry* 4:225-233.
- Mardatila, S., Izmiarti dan Jabang Nurdin. 2016. Kepadatan, Keanekaragaman Dan Pola Distribusi Gastropoda Di Danau Diatas, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat. *Biocelebes*. 10(2): 25-31.
- Marwoto, M., Ristiyanti dan Isnaningsih, N.R. 2014. Tinjauan Keanekaragaman Moluska Air Tawar di Beberapa Situ di Das Ciliwung dan Cisadane. *Berita Biologi*. 13(2): 181-189.
- Masniawati, A., Kuswinanti, T., Gobel, R.B dan Toyyibah, I. 2011. Optimasi Deteksi Dini Potato Virus Y (PVY) Pada Kentang *Solanum tuberosum* L. varietas Kalosi Dengan Teknik ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay). Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. Baku Mutu Air Laut Nomor 51 Tahun 2004.
- Monalisa, S.S dan I. Minggawati. 2010. Kualitas Air yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis sp.*) di Kolam Beton dan Terpal. *Journal of Tropical Fisheries*. 5(2): 526 – 530.
- Muhajir, A. 2009. Studi Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) dari Beberapa Pasar Kota Malang. FST UIN Maulana Malik Ibrahim: Malang.

- Mukarti., N,Suripto., Supargiyono., S,Tjokrosonto., M,Hnes., W,T,Artama., A,Prayitno. 2004. Perbedaan Metode ELISA Sandwich A dan B dalam Deteksi Antigen Membran *Toxoplasma gondii*. *Bioteknologi* 1 (2): 54-57, Nopember 2004, ISSN: 0216-6887, DOI: 10.13057/biotek/c010205. Mukhtasor. 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Nontji,A. 1993. *Laut Nusantara: Djembatan*. Jakarta. 450 hlm.
- Notohadiprawiro, T. 2006. *Logam Berat Dalam Pertanian*. Universitas Gadjah Mada: YogyakartaPurnawan,2013).
- Pratiwi, Y. 2010. Penentuan Tingkat Pencemaran Limbah Industri Tekstil Berdasarkan *Butrition Value Coefficient* Bioindikator. Jurusan Teknik Lingkungan Institute Sains & Teknoogi AKPRIND: Yogyakarta.
- Prihartini,W. 2013. Ekobiologi Kerang Bulu Anadara Antiquata Di Perairan Tercemar Logam Berat. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah (Journal of Waste Management Technology)*.
- Rachmaningrum, M. 2015. Konsentrasi Logam berat kadmium (Cd) Pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen Dayeuhkolot-Nanjung. *Reka Lingkungan* . 1(3): 1-11.
- Rachmaningrum,M., E,Wardhani., K,Pharmawati. 2015. Konsentrasi Logam Berat (Cd) Pada Perairan Sungai Citarum Hulu Segmen DayeuhkolotNanjung. Institut Teknologi Nasional: Bandung.
- Rachmawati,S., A,Lee., T,B,Murdiati., I.Kennedy. 2004. Pengembangan Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA) Teknik Untuk Analisis Aflatoxin B1Pada Pakan Ternak. *Prosiding Seminar Parasitologi dan ToksikologiVeteriner*.
- Rachmawatie., Z,Hidayah dam I,W,Abida. 2009. Analisis Konsentrasi Merkuri (Hg) Dan Cadmium (Cd) Di Muara Sungai Porong Sebagai Area BuanganLimbah Lumpur Lapindo. *Jurnal KELAUTAN*. 2(2).
- Rahayu,A. 2014. Distribusi Logam Berat Pada Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Dari Perairan Kamal Muara, Tangerang – Jakarta. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Ramadani I. dan K. E. Wibowo. 2011. Substrat Dasar dan Parameter seanografiSebagai Penentu Keberadaan Gastropoda dan Bivalvia di Pantai SlukeKabupaten Rembang. *Jurnal Ilmu Kelautan*. Vol. 14 No. 1Halaman: 50-59.
- Riduwan. (2010). *Dasar-Dasar Statistika*. Bandung: Alfabeta.
- Riza,F., Bambang, A.N dan Kismartini. 2015. Tingkat Pencemaran Lingkungan PerairanDitinjau Dari Aspek Fisika, Kimia Dan Logam Di Pantai Kartini Jepara. *Indonesian Journal of Conservation*. 4(1): 52-60.

- Rondonuwu, Sendi. 2014. Fitoremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Tanaman Dan Sistem Reaktor. *Jurnal Ilmiah Sains*. **14**(1): 52-59.
- Rumahlatu, D. 2011. Konsentrasi Logam Berat Kadmium Pada Air, Sedimen dan Deadema setosum (Echinodermata, Echinoidea) di Perairan Pulau Ambon. *ILMU KELAUTAN*. **16**(2) 78-85.
- Rumahlatu, D., A, D, Corebima., M, Amin., F, Rachman. 2012. Kadmium dan Efeknya terhadap Ekspresi Protein Metallothionein pada *Deadema setosum* (Echinoidea; Echinodermata). *Jurnal Penelitian Perikanan* **1**(1) : 26-35.
- Saenab, S., Nurhaedah dan Cut Muthiadin. 2014. Studi Kandungan Logam Berat Timbal Pada Langkitang (Faunus Ater) Di Perairan Desa Maroneng Kecamatan Duampanua Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan. *Jurnal Bionature*. **15**(1):29-34.
- Said, Nusa. 2010. Metode Penghilangan Logam Merkuri di Dalam Air Limbah Industri. *JAI*. **6**(1): 11-23.
- Saraswati, N.L.G.R.A., Yulius., A. Rustam., H.L. Salim., A. Heriati dan E. Mustikasari. 2017. Kajian Kualitas Air Untuk Wisata Bahari Di Pesisir Kecamatan Moyo Hilir Dan Kecamatan Lape, Kabupaten Sumbawa. *Jurnal Segara*. **13** (1): 37-47.
- Selayar, N, A., S, Tumembouw dan L, L, J, J, Mondoringin. 2015. Telaah Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) Di Sekitar Teluk Manado. *Jurnal Budidaya Perairan*.
- Sembiring, S. M. R., Melki., dan F. Agustriani. 2012. Kualitas muara sungsgang ditinjau dari konsentrasi bahan organik pada kondisi pasang surut. *Maspari Journal*. **4**(2) : 238-247.
- Setiawan, H. 2013. Pencemaran Logam Berat Di Perairan Pesisir Kota Makassar Dan Upaya Penanggulangannya. Balai Penelitian Kehutanan Makassar: Makassar.
- Simanjuntak M. 2009. Kualitas Air Laut Ditinjau Dari Aspek Zat Hara, Oksigen Terlarut Dan Ph Di Perairan Banggai, Sulawesi Tengah. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. Vol. **4** (2): 290-303.
- Siregar , C.J.P dan Edward, S. 2010. Teknologi Farmasi Sediaan Tablet: Dasar-Dasar Praktis. Jakarta: EGC. Halaman 13-42.
- Sitorus, H., 2004. *Analisis Beberapa Karakteristik Lingkungan Perairan yang Mempengaruhi Akumulasi Logam Berat Timbal Dalam Tubuh Kerang Darah di Perairan Pesisir Timur Sumatera Utara*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. ISSN 0854-3194. *Jurnal Ilmullmu Perairan Dan Perikanan Indonesia* Vol. **11** No. **1** Hal. 54.
- SNI. 2009. Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. Badan Standarisasi Nasional.

- Soegijono, K. R. 1993. Wawancara Sebagai Salah Satu Metode Pengumpulan Data. *Media Litbangkes*. 17 – 21.
- Sugiyono., (2008). *Metode Penelitian*, Alfabeta, Bandung.
- Sunarto., C,A,Widiyanti., N,S,Handadjani. 2005. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) serta Struktur Mikroanatomi *Ctenidia* dan Kelenjar Pencernakan (Hepar) *Anodonta woodiana* Lea., di Sungai Serang Hilir Waduk KedungOmbo. Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Sebelas Maret (UNS):Surakarta.
- Sungkawa, I. 2013. Penerapan Analisis Regresi Dan Korelasi Dalam Menentukan Arah Hubungan Antara Dua Faktor Kualitatif Pada Tabel Kontingensi.*Jurnal Mat Stat*. 13(1): 33-41.
- Sunu,P. 2001. Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14001.Grasindo Jakarta 2001.
- Supardi, I., Sukanto, 1999, Mikrobiologi Dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan,Edisi 1, Penerbit Alumni, Bandung.
- Supriyantini dan Endrawati. 2015. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18(1):38–45.
- Suratno., Cordova,M.R dan Silke Arinda. 2017. Kandungan Merkuri dalam Ikan Konsumsi di Wilayah Bantul dan Yogyakarta Mercury Content in Commercial Fishes of Bantul Areas and Yogyakarta. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*.2(1): 15–23.
- Susana,T. 2009. Tingkat Keasaman (pH) Dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane. Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI: Jakarta.
- Susana,T. 2009. Tingkat Keasaman (pH) Dan Oksigen Terlarut Sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane. Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI: Jakarta.
- Triastuti, C. 2016. Keanekaragaman Gastropoda Dan Pola Penyebaran Di Pantai Wediombo Gunungkidul Yogyakarta. Universita Atma Jaya. Yogyakarta.
- Tugaswati,A,T., F,B,Athena., A,Lubis. 1997. Studi Pencemaran Merkuri Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan Masyarakat DI Daerah Mundu. Staf peneliti Puslit Ekologi Kesehatan, Badan Litbang Kesehatan: Jakarta.
- Wandansari, N. D. 2013. Perlakuan Akuntansi atas PHH Pasal 21 pada PT. Artha Prima Finance Kotamobagu. *Emba*. 1 (3) : 558-566.
- Wardhana, W. A. (2004). Dampak Pencemaran Lingkungan. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Warlina, L. 2004. Pencemaran air: Sumber, Dampak dan Penanggulangannya. *Makalah Pribadi*. Institut Pertanian Bogor.

- Widowati, W., Sastiono, A., dan Jusuf, R. 2008. *Efek Toksik Logam, Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Widyaningrum, T dan T. Suharyanti. 2011. Pengaruh Merkuri Klorida Terhadap Pertumbuhan dan Histopatologi Ginjal Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*, Linn). *Jurnal Biologi*. **5**(2): 45-54.
- WoRMS. 2016. Klasifikasi *Sulcospira testudinaria*. Diakses tanggal 29 Maret 2019, pukul 19.11 WIB.
- Wulandari, E. 2010. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Karakteristik Haemocyte Tiram (*Crassostrea cucullata*) dan Perairan Pelabuhan Perikanan Nusantara Prigi Trenggalek Jawa Timur. Universitas Brawijaya Malang.
- Wulandari, E., E, Y, Herawati., D, Arfiati. 2009. Kandungan Logam Berat Pb pada Air laut dan Tiram *Saccostrea glomerata* sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Prigi, Trenggalek, Jawa Timur. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya: Malang
- Yetti, E., Dedi, S dan Sigid, H. 2011. Evaluasi Kualitas Air Sungai-Sungai Di Kawasanda Brantas Hulu Malang Dalam Kaitannya Dengan Tata Guna Lahan Dan Aktivitas Masyarakat Di Sekitarnya. *JPSL*. 1 :10-15.
- Yuniar, S. 2009. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Sains Dan Seni Pomits* Vol. 2, No.2, (2013) 2337- 3520 (2301-928X Print).

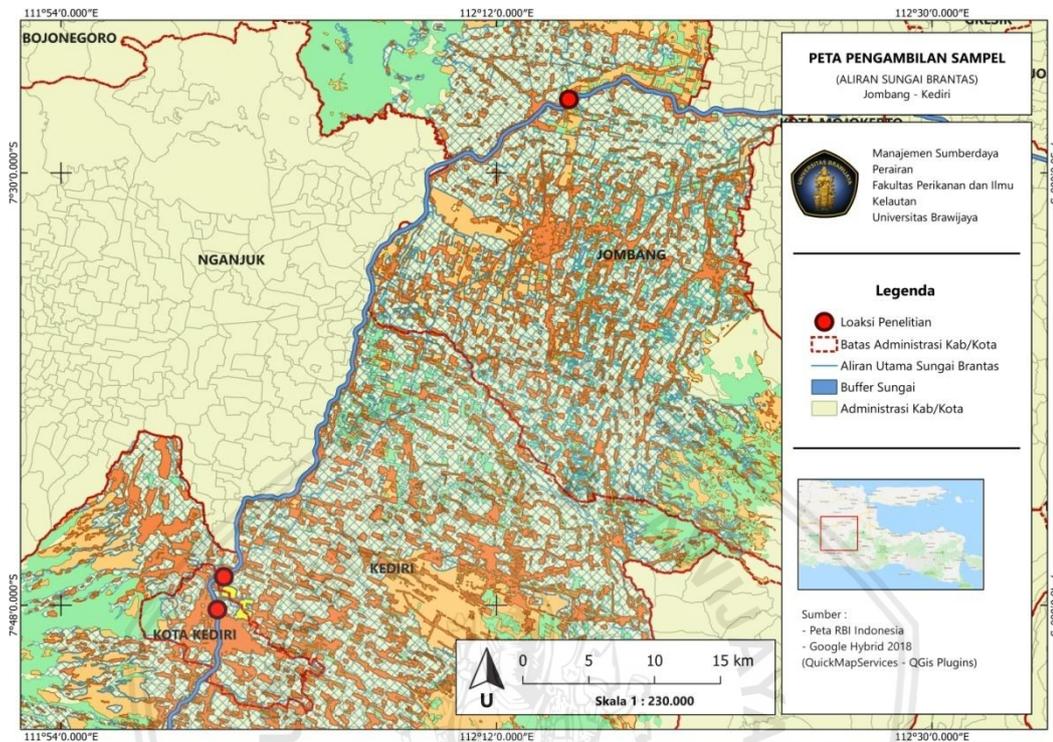
LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Alat dan Bahan Penelitian

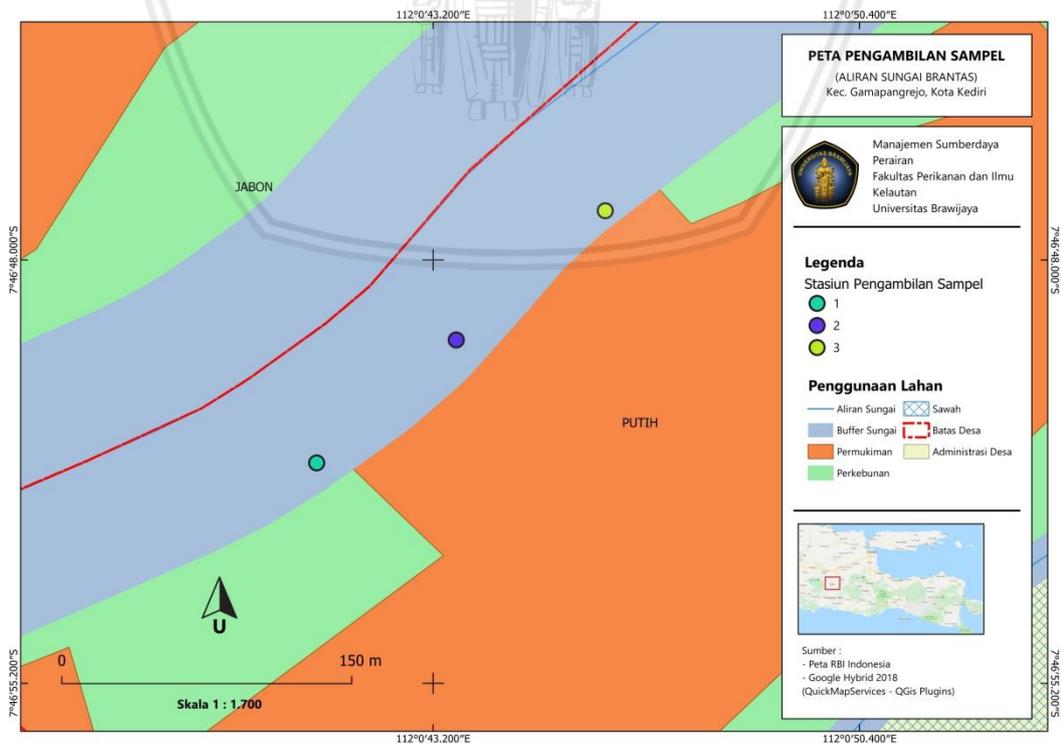
PROSEDUR	ALAT	BAHAN
Pengambilan Sampel Tiram	<ul style="list-style-type: none"> • Sesar • Botol air mineral 600 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Aquades • Plastik klip 17 x 25
Pengukuran Kualitas Air <ul style="list-style-type: none"> • Suhu • Oksigen Terlarut • pH 	<ul style="list-style-type: none"> • Termometer Hg • DO meter • pH meter 	<ul style="list-style-type: none"> • Air Sampel • Aquades • Larutan Standart pH • tissue
Pengambilan organ	<ul style="list-style-type: none"> • Sectio Set • Palu • Timbangan digital • Botol 100 ml • Washing Bottle • Kain 	<ul style="list-style-type: none"> • Plastik klip sampel 3x4 • Na sitrat • Aquadest
Prosedur ELISA	<ul style="list-style-type: none"> • Multihannel Pipet • Blue Tip • White Tip • Yellow Tip • Vortex • Tube • Sentrifuge • ELISA Reader 	<ul style="list-style-type: none"> • Keseluruhan organ sampel • Kertas Label • Antigen • Coating Buffer • BSA 1 % • PBS Tween • Antibodi Primer dan Sekunder • Surblue TMB • HCL 1N

Lampiran 2. Peta Lokasi Penelitian

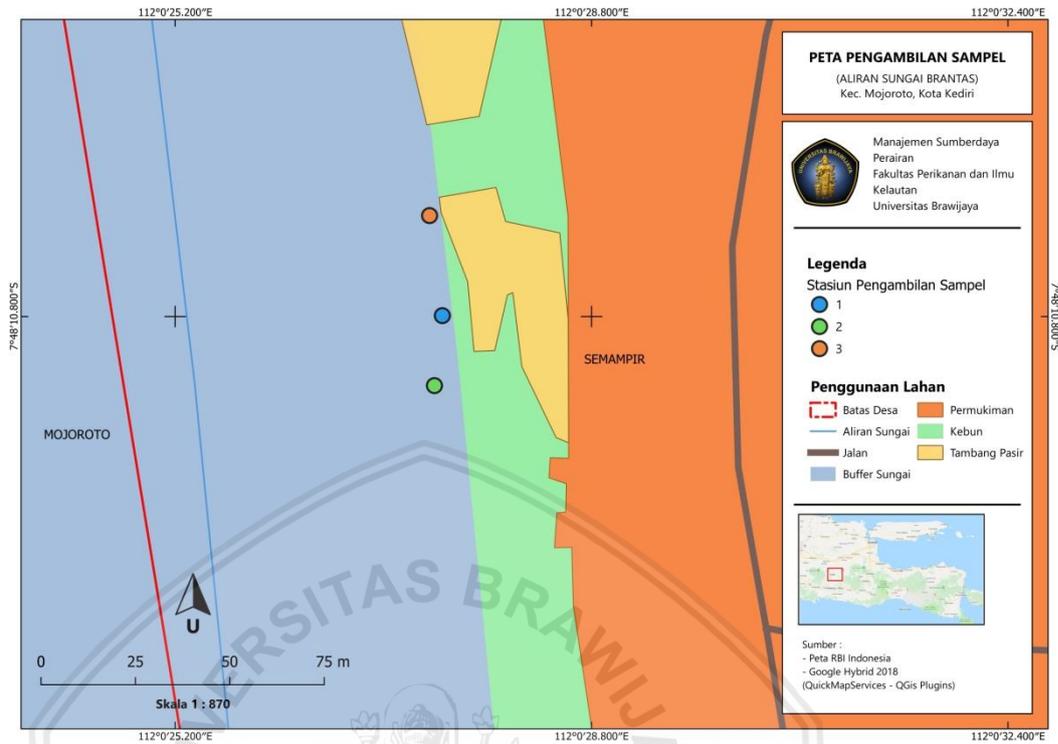
a. Peta Gabungan Lokasi penelitian



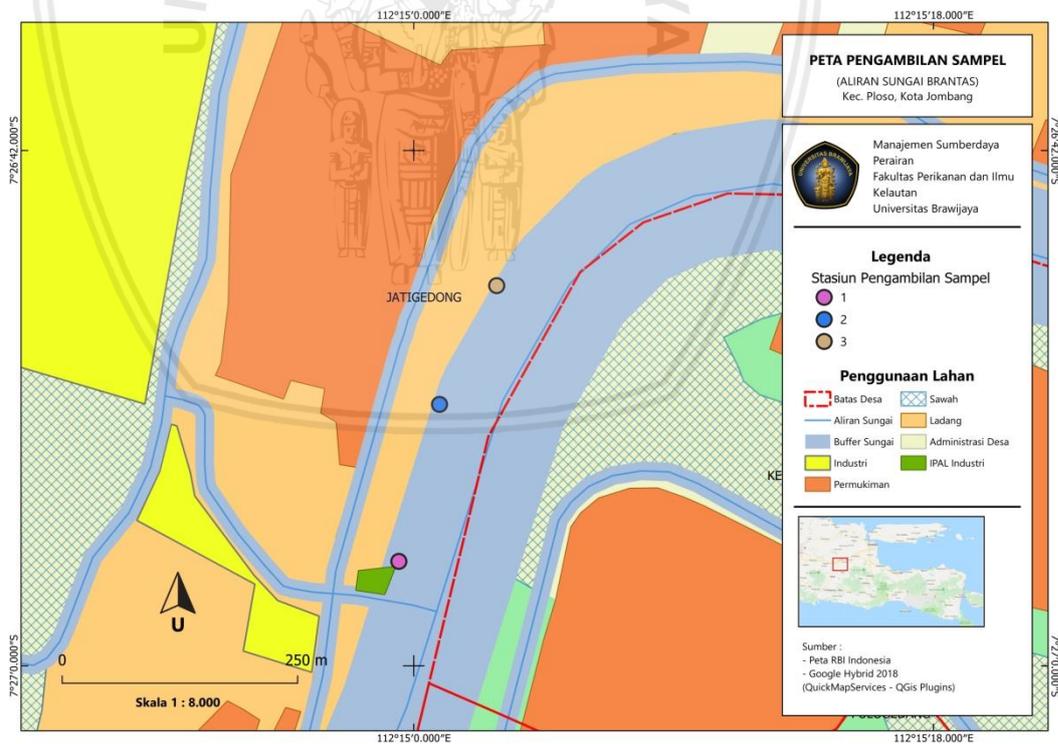
b. Peta Stasiun Penelitian 1 (Kediri 1)



c. Peta Lokasi Penelitian 2 (Kediri 2)



d. Peta Lokasi Penelitian 3 (Jombang)



Lampiran 3. Data Hasil Pengukuran Logam Berat



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS MIPA
JURUSAN KIMIA

Jl. Veteran, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia telp : +62-341-575838, fax : +62-341-554403

<http://kimia.ub.ac.id>

email : kimia@ub.ac.id

LAPORAN HASIL ANALISIS

NO : H.04 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2019

1. Data Konsumen
Nama : Adi Fauzul Azhim
Instansi : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya
Alamat : Jl. Veteran Malang
Telepon : 087882775040
Status : Mahasiswa S-1
Keperluan Analisis : Uji Kualitas
2. Sampling Dilakukan Oleh : Konsumen
3. Identifikasi Sampel
Nama Sampel : ***Daging Siput S. testudinaria***
Wujud : Padat
Warna : Cokelat Kehitaman
Bau : Tidak Ada Bau
4. Prosedur Analisis : Dilakukan oleh Unit Analisis dan Pengukuran Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang
5. Penyampaian Laporan Hasil Analisis : Diambil Langsung
6. Tanggal Terima Sampel : 15 Februari 2019
7. Data Hasil Analisis :

Minggu 1

No	Kode	Parameter	Hasil Analisis		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1	KDR 1.1	Cd	0,0244±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
2	KDR 1.2	Cd	0,0191±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
3	KDR 1.3	Cd	0,0212±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
4	KDR 2.1	Cd	0,0201±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
5	KDR 2.2	Cd	0,0248±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
6	KDR 2.3	Cd	0,0180±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
7	JMB 1.1	Cd	0,0224±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
8	JMB 1.2	Cd	0,0254±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
9	JMB 1.3	Cd	0,0360±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
10	KDR 1.1	Hg	0,0312±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
11	KDR 1.2	Hg	0,0276±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
12	KDR 1.3	Hg	0,0274±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
13	KDR 2.1	Hg	0,0258±0,04	mg/kg	Aquaregia	AAS
14	KDR 2.2	Hg	0,0252±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
15	KDR 2.3	Hg	0,0216±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
16	JMB 1.1	Hg	0,0242±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
17	JMB 1.2	Hg	0,0349±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
18	JMB 1.3	Hg	0,0457±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
19	KDR 1.1	Pb	0,0355±0,03	mg/kg	Aquaregia	AAS
20	KDR 1.2	Pb	0,0404±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
21	KDR 1.3	Pb	0,0317±0,04	mg/kg	Aquaregia	AAS
22	KDR 2.1	Pb	0,0294±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
23	KDR 2.2	Pb	0,0360±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
24	KDR 2.3	Pb	0,0454±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
25	JMB 1.1	Pb	0,0218±0,03	mg/kg	Aquaregia	AAS
26	JMB 1.2	Pb	0,0347±0,04	mg/kg	Aquaregia	AAS
27	JMB 1.3	Pb	0,0479±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS

Minggu 2

No	Kode	Parameter	Hasil Analisis		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1	KDR 1.1	Cd	0,0267±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
2	KDR 1.2	Cd	0,0348±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
3	KDR 1.3	Cd	0,0237±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
4	KDR 2.1	Cd	0,0215±0,04	mg/kg	Aquaregia	AAS
5	KDR 2.2	Cd	0,0336±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
6	KDR 2.3	Cd	0,0285±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
7	JMB 1.1	Cd	0,0248±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
8	JMB 1.2	Cd	0,0325±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
9	JMB 1.3	Cd	0,0628±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
10	KDR 1.1	Hg	0,0396±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
11	KDR 1.2	Hg	0,0452±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
12	KDR 1.3	Hg	0,0388±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
13	KDR 2.1	Hg	0,0314±0,03	mg/kg	Aquaregia	AAS
14	KDR 2.2	Hg	0,0337±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
15	KDR 2.3	Hg	0,0279±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
16	JMB 1.1	Hg	0,0224±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
17	JMB 1.2	Hg	0,0346±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
18	JMB 1.3	Hg	0,0638±0,03	mg/kg	Aquaregia	AAS
19	KDR 1.1	Pb	0,0473±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
20	KDR 1.2	Pb	0,0547±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS



No	Kode	Parameter	Hasil Analisis		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
21	KDR 1.3	Pb	0,0392±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
22	KDR 2.1	Pb	0,0418±0,04	mg/kg	Aquaregia	AAS
23	KDR 2.2	Pb	0,0493±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
24	KDR 2.3	Pb	0,0581±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
25	JMB 1.1	Pb	0,0483±0,03	mg/kg	Aquaregia	AAS
26	JMB 1.2	Pb	0,0569±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
27	JMB 1.3	Pb	0,0686±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS

Minggu 3

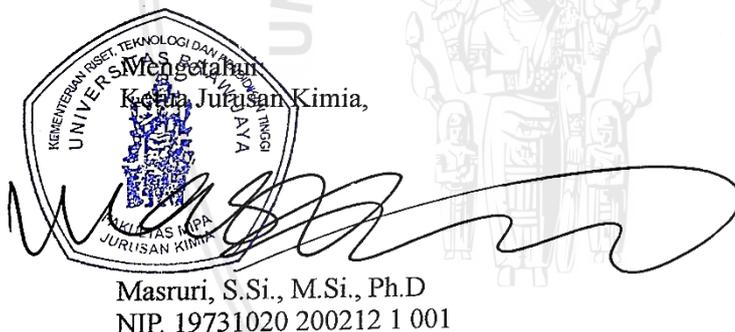
No	Kode	Parameter	Hasil Analisis		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1	KDR 1.1	Cd	0,0357±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
2	KDR 1.2	Cd	0,0478±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
3	KDR 1.3	Cd	0,0517±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
4	KDR 2.1	Cd	0,0286±0,04	mg/kg	Aquaregia	AAS
5	KDR 2.2	Cd	0,0460±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
6	KDR 2.3	Cd	0,0555±0,03	mg/kg	Aquaregia	AAS
7	JMB 1.1	Cd	0,0436±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
8	JMB 1.2	Cd	0,0448±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
9	JMB 1.3	Cd	0,1441±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
10	KDR 1.1	Hg	0,0463±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
11	KDR 1.2	Hg	0,0617±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
12	KDR 1.3	Hg	0,0637±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
13	KDR 2.1	Hg	0,0428±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
14	KDR 2.2	Hg	0,0593±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
15	KDR 2.3	Hg	0,0451±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
16	JMB 1.1	Hg	0,0456±0,03	mg/kg	Aquaregia	AAS
17	JMB 1.2	Hg	0,0559±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
18	JMB 1.3	Hg	0,1650±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
19	KDR 1.1	Pb	0,0602±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS

No	Kode	Parameter	Hasil Analisis		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
20	KDR 1.2	Pb	0,0763±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
21	KDR 1.3	Pb	0,0563±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
22	KDR 2.1	Pb	0,0537±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS
23	KDR 2.2	Pb	0,0781±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
24	KDR 2.3	Pb	0,0851±0,01	mg/kg	Aquaregia	AAS
25	JMB 1.1	Pb	0,0528±0,03	mg/kg	Aquaregia	AAS
26	JMB 1.2	Pb	0,0872±0,02	mg/kg	Aquaregia	AAS
27	JMB 1.3	Pb	0,2504±0,00	mg/kg	Aquaregia	AAS

Catatan:

1. Hasil analisis ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis secara duplo,
2. Hasil analisis ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

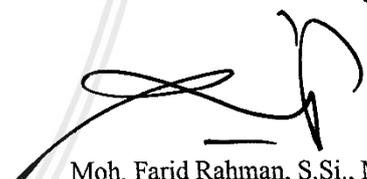
Malang, 22Maret 2019



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN INOVASI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN INOVASI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Fakultas Kimia
JURUSAN KIMIA

Masruri, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 19731020 200212 1 001

Ketua Unit Analisis dan Pengukuran,



Moh. Farid Rahman, S.Si., M.Si.
NIP. 19700720 199702 1 001

Lampiran 4. Data Hasil Pengukuran Metallothionein



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS KEDOKTERAN
LABORATORIUM ILMU FAAL**

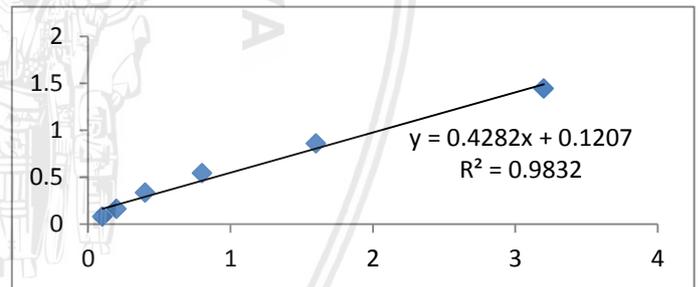
Jalan Veteran Malang – 65145, JawaTimur – Indonesia
Telp. (62) (0341) 569117, 567192 Ext 115 – Fax (62) (0341) 564755
<http://www.fk.ub.ac.id> e-mail : faal.fk@ub.ac.id

HASIL PEMERIKSAAN UJI SAMPEL

Nama : ADI FAUZUL AZHIM
Instansi : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya
No Lab : 2019.2090
Jumlah sampel : 27 Sampel
Jenis Pemeriksaan : MT
Laboran : BUDI WICAKSONO, AMd.

Standart MT

No	Kadar(ng/mL)	Abs
1	3.2	1.445
2	1.6	0.858
3	0.8	0.543
4	0.4	0.335
5	0.2	0.161
6	0.1	0.08



No	Sampel	Abs	Kadar (ng/ml)
1	Kdr 1.1	0.2690	0.3481
2	Kdr 1.2	0.2606	0.3285
3	Kdr 1.3	0.2505	0.3049
Rata-rata			0.3272
4	Kdr 2.1	0.2797	0.3731
5	Kdr 2.2	0.3205	0.4685
6	Kdr 2.3	0.4073	0.6713
Rata-rata			0.5043
7	Jmb 1.1	0.2710	0.3528
8	Jmb 1.2	0.2746	0.3612
9	Jmb 1.3	0.3227	0.4736
Rata-rata			0.3959





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS KEDOKTERAN
LABORATORIUM ILMU FAAL

Jalan Veteran Malang – 65145, JawaTimur – Indonesia
 Telp. (62) (0341) 569117, 567192 Ext 115 – Fax (62) (0341) 564755
<http://www.fk.ub.ac.id> e-mail : faal.fk@ub.ac.id

No	Sampel	Abs	Kadar (ng/ml)
1	Kdr 1.1	0.3399	0.5138
2	Kdr 1.2	0.4064	0.6692
3	Kdr 1.3	0.3003	0.4213
Rata-rata			0.5348
4	Kdr 2.1	0.3085	0.4404
5	Kdr 2.2	0.3415	0.5175
6	Kdr 2.3	0.4554	0.7836
Rata-rata			0.5805
7	Jmb 1.1	0.2816	0.3776
8	Jmb 1.2	0.3130	0.4509
9	Jmb 1.3	0.4398	0.7472
Rata-rata			0.5252

No	Sampel	Abs	Kadar (ng/ml)
1	Kdr 1.1	0.3689	0.5815
2	Kdr 1.2	0.4257	0.7143
3	Kdr 1.3	0.3956	0.6440
Rata-rata			0.6466
4	Kdr 2.1	0.4196	0.7000
5	Kdr 2.2	0.5674	1.0453
6	Kdr 2.3	0.5235	0.9428
Rata-rata			0.8960
7	Jmb 1.1	0.4713	0.8208
8	Jmb 1.2	0.6624	1.2673
9	Jmb 1.3	1.0986	2.2864
Rata-rata			1.4582

Malang, 25 Maret 2019

Kepala Laboratorium Ilmu Faal FKUB



Edwin Widodo, SSi, MSc.

NIP. 198105042005011001



Lampiran 5. Hubungan Antara Kadar Logam Berat Dengan Kadar Metallothionein Pada *S. testudinaria*

a. Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada *S. testudinaria* Stasiun 1

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.919	.844	.821	.067

The independent variable is Pb.

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	.168	1	.168	37.788	.000
Residual	.031	7	.004		
Total	.199	8			

The independent variable is Pb.

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Pb	10.197	1.659	.919	6.147	.000
(Constant)	.002	.084		.027	.979

b. Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada *S. testudinaria* Stasiun 1

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.885	.783	.752	.078

The independent variable is Cd.

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	.156	1	.156	25.304	.002
Residual	.043	7	.006		
Total	.199	8			

The independent variable is Cd.

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Cd	11.922	2.370	.885	5.030	.002
(Constant)	.125	.080		1.575	.159

c. Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada *S. testudinaria* Stasiun 1

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.911	.830	.806	.070

The independent variable is Hg.

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	.165	1	.165	34.133	.001
Residual	.034	7	.005		
Total	.199	8			

The independent variable is Hg.

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Hg	10.708	1.833	.911	5.842	.001
(Constant)	.049	.081		.604	.565



a. Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada *S. testudinaria* Stasiun 2

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.941	.885	.868	.084

The independent variable is Pb.

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	.383	1	.383	53.682	.000
Residual	.050	7	.007		
Total	.433	8			

The independent variable is Pb.

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Pb	11.845	1.617	.941	7.327	.000
(Constant)	.033	.090		.362	.728

b. Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada *S. testudinaria* Stasiun 2

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.779	.606	.550	.156

The independent variable is Cd.

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	.263	1	.263	10.785	.013
Residual	.170	7	.024		
Total	.433	8			

The independent variable is Cd.

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Cd	14.436	4.396	.779	3.284	.013
(Constant)	.217	.145		1.496	.178



c. Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada *S. testudinaria* Stasiun 2

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.752	.566	.504	.164

The independent variable is Hg.

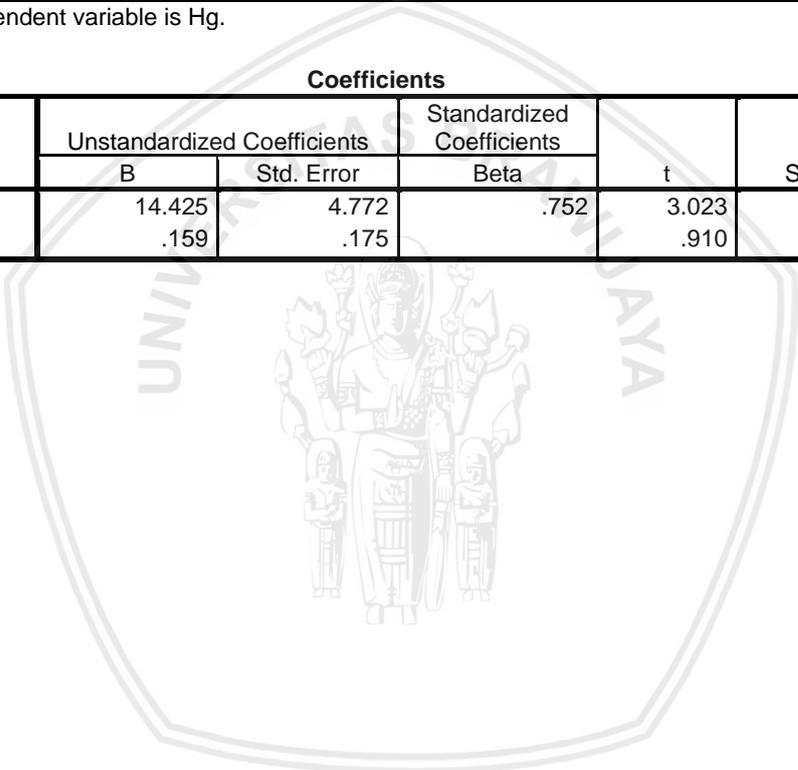
ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	.245	1	.245	9.138	.019
Residual	.188	7	.027		
Total	.433	8			

The independent variable is Hg.

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Hg	14.425	4.772	.752	3.023	.019
(Constant)	.159	.175		.910	.393



a. Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada *S. testudinaria* Stasiun 3

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.958	.918	.906	.195

The independent variable is Pb.

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	2.964	1	2.964	78.066	.000
Residual	.266	7	.038		
Total	3.230	8			

The independent variable is Pb.

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Pb	8.870	1.004	.958	8.836	.000
(Constant)	.134	.099		1.356	.217

b. Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada *S. testudinaria* Stasiun 3

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.936	.877	.859	.239

The independent variable is Cd.

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	2.831	1	2.831	49.736	.000
Residual	.399	7	.057		
Total	3.230	8			

The independent variable is Cd.

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Cd	15.643	2.218	.936	7.052	.000
(Constant)	.035	.134		.258	.804

c. Hubungan kadar logam berat dengan kadar metallothionein pada *S. testudinaria* Stasiun 3

Model Summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.947	.897	.883	.218

The independent variable is Hg.

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	2.898	1	2.898	61.107	.000
Residual	.332	7	.047		
Total	3.230	8			

The independent variable is Hg.

Coefficients

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Hg	13.815	1.767	.947	7.817	.000
(Constant)	.038	.121		.312	.764



a. Uji Standarisasi Z (Z-score) Stasiun 1

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-5.856E-16	.141		.000	1.000
	Zscore: Pb	.919	.149	.919	6.147	.000

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-2.087E-17	.147		.000	1.000
	Zscore: Hg	.911	.156	.911	5.842	.001

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.587E-16	.166		.000	1.000
	Zscore: Cd	.885	.176	.885	5.030	.002

a. Dependent Variable: Zscore: MT



b. Uji Standarisasi Z (Z-score) Stasiun 2

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-8.989E-17	.121		.000	1.000
	Zscore: Pb	.941	.128	.941	7.327	.000

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Coefficients^a

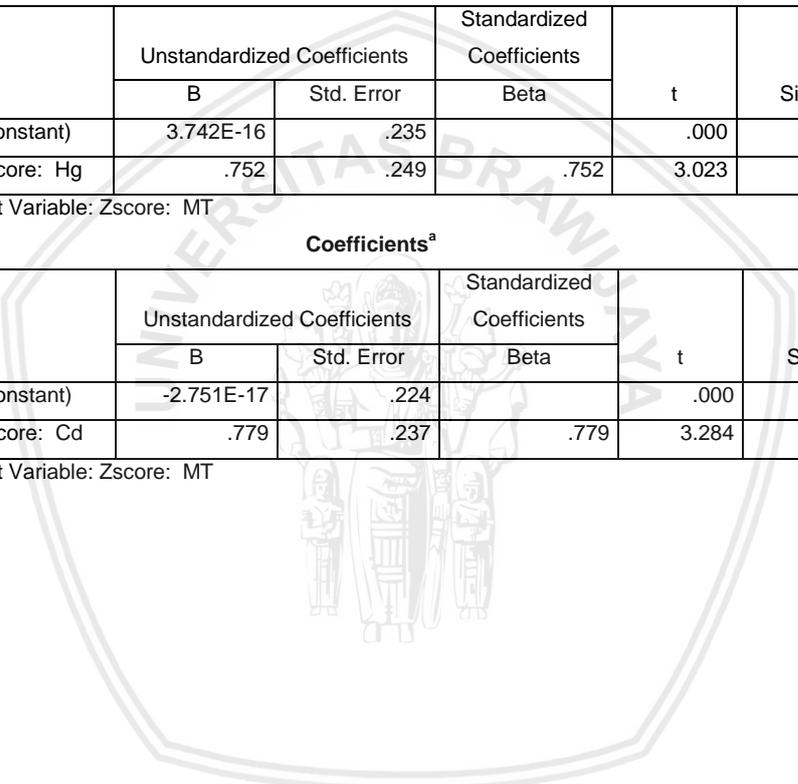
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.742E-16	.235		.000	1.000
	Zscore: Hg	.752	.249	.752	3.023	.019

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-2.751E-17	.224		.000	1.000
	Zscore: Cd	.779	.237	.779	3.284	.013

a. Dependent Variable: Zscore: MT



c. Uji Standarisasi Z (Z-score) Stasiun 3

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.228E-16	.102		.000	1.000
	Zscore: Pb	.958	.108	.958	8.836	.000

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.279E-16	.114		.000	1.000
	Zscore: Hg	.947	.121	.947	7.817	.000

a. Dependent Variable: Zscore: MT

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.637E-17	.125		.000	1.000
	Zscore: Cd	.936	.133	.936	7.052	.000

a. Dependent Variable: Zscore: MT



Lampiran 6. Dokumentasi Kegiatan



Penentuan Titik Koordinat



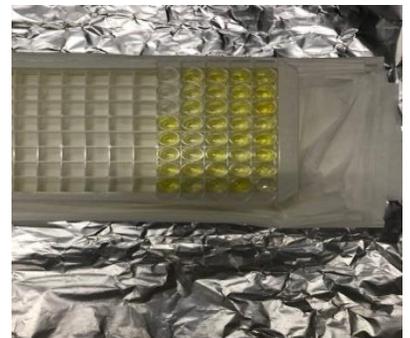
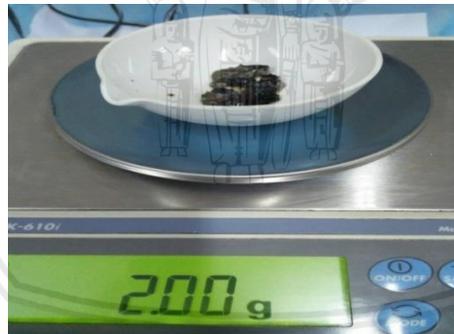
Pengambilan sampel



Pengukuran Kualitas Air



Pengukuran Kualitas Air



Analisis Laboratorium