

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) PADA TIRAM
BAKAU (*Crassostrea cucullata*) DAN AIR DI PESISIR PACIRAN,
KABUPATEN LAMONGAN, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Oleh :

AYU KUSUMANING RUKMI

NIM. 155080107111018



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

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TEMBAGA Cu PADA TIRAM
BAKAU (*Crassostrea cucullata*) DAN AIR DI PESISIR PACIRAN,
KABUPATEN LAMONGAN, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

Oleh :

AYU KUSUMANING RUKMI

NIM. 155080107111018



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

SKRIPSI

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT TEMBAGA Cu PADA TIRAM
BAKAU (*Crassostrea cucullata*) DAN AIR DI PESISIR PACIRAN,
KABUPATEN LAMONGAN, JAWA TIMUR

Oleh :
AYU KUSUMANING RUKMI
NIM. 155080107111018

Menyetujui,
Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2


(Dr. Ir. Muhyanto, M.Si)
NIP. 19600317 198602 1 001
Tanggal: 16 JUL 2019


(Sulastri Arsad, S.Pi, M.Si., M.Sc)
NIK. 201304870707 2 001
Tanggal: 16 JUL 2019

Mengetahui,

Ketua Jurusan

(Dr. Ir. M. Firdaus, MP)
NIP. 19680919 200501 1 001
Tanggal: 16 JUL 2019



IDENTITAS TIM DOSEN PENGUJI

Judul : ANALISIS LOGAM BERAT TEMBAGA (CU) PADA TIRAM BAKAU (*CRASSOSTREA CUCULLATA*) DAN AIR DI PESISIR PACIRAN, KABUPATEN LAMONGAN, JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : Ayu Kusumaning Rukmi

NIM : 155080107111018

Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

PENGUJI PEMBIMBING:

Pembimbing 1 : Dr. Ir. Mulyanto, M. Si

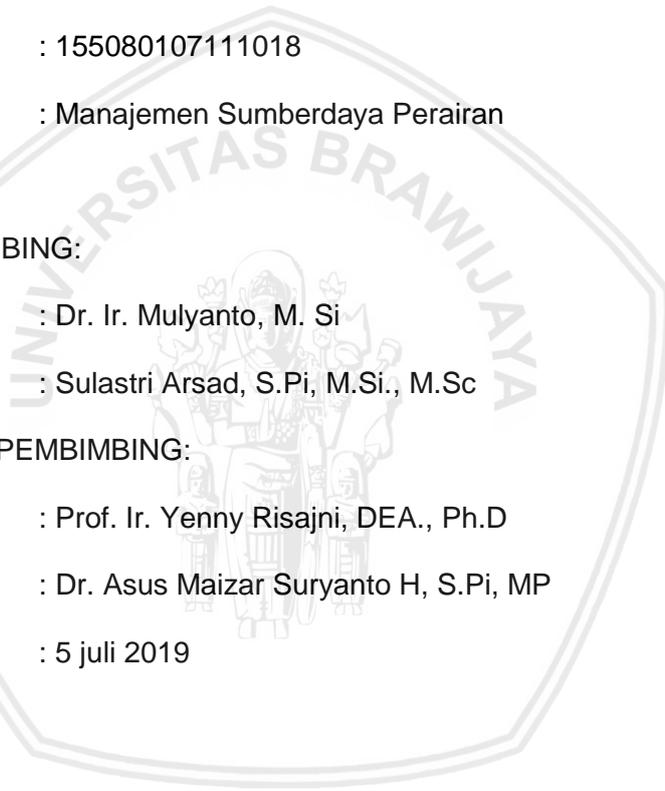
Pembimbing 2 : Sulastri Arsad, S.Pi, M.Si., M.Sc

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:

Dosen Penguji 1 : Prof. Ir. Yenny Risajni, DEA., Ph.D

Dosen Penguji 2 : Dr. Asus Maizar Suryanto H, S.Pi, MP

Tanggal Ujian : 5 juli 2019



UCAPAN TERIMAKASIH

Tidak lupa saya sebagai penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan rahmat, karunia, kesehatan dan kelancaran dalam melaksanakan kegiatan PKM ini.
2. Keluarga besar tercinta yang telah memberikan dukungan dan doa.
3. Bapak Dr. Ir. Mulyanto, M.Si dan Ibu Sulastri Arsad, S.Pi, M.Si., M.Sc selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan masukan dan dorongan dalam penyusunan Laporan Skripsi ini.
4. Chewy tercinta (Shima, Intan, Frisda), serta kawan – kawan saya yang turut serta membantu memberi doa dalam menyelesaikan laporan skripsi
5. Sahabatku, Maya yang selalu mendorong dan memotivasi dalam pengerjaan laporan skripsi ini.
6. Keluarga besar MSP UB 2015 yang selalu bekerja sama dan saling memberikan dukungan serta motivasi dalam kebersamaan.

RINGKASAN

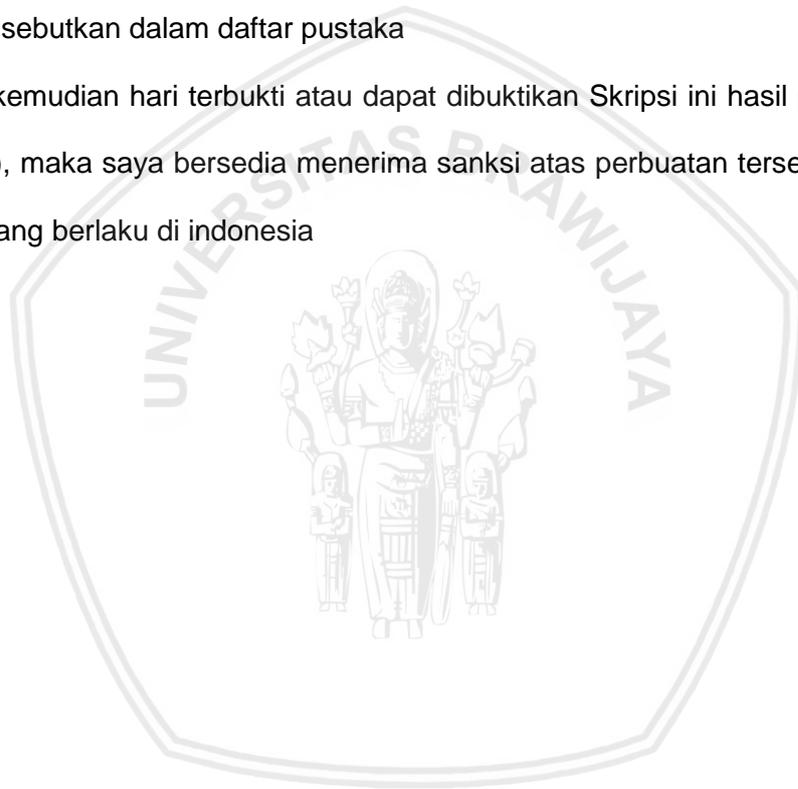
AYU KUSUMANING RUKMI Skripsi tentang Analisis Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Daging Tiram *Crassostrea Cucullata* dan Air di Pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur dibawah bimbingan **Dr. Ir. Mulyanto, M,Si dan Sulastri Arsad S.Pi, M.Si., M.Sc**

Tiram *Crassostrea cucullata* merupakan salah satu sumberdaya laut yang dimanfaatkan untuk konsumsi masyarakat. *Crassostrea* merupakan nama genus dari bivalvia yang paling banyak ditemukan di Indonesia terutama Jawa Timur. Hidup menempel pada substrat keras seperti kayu, akar mangrove, batu, sisa bahan bangunan atau cangkang keras dari molusca lainnya. Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan sudah banyak mengalami pembangunan. Pembangunan tersebut antara lain pabrik pengalengan ikan, pabrik galangan kapal, penggunaan daerah wisata di sepanjang Pesisir Paciran yang juga berpotensi menyumbang limbah yang mengandung logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat tembaga (Cu) pada tiram bakau (*Crassostrea cucullata*) di wilayah Pesisir Paciran, Jawa Timur. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode survey dengan pendekatan secara deskriptif dan hasil analisis logam berat akan diolah dengan analisa regresi linier sederhana. Penentuan titik sampling menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan titik sampling yang ditentukan sebanyak 6 lokasi, titik terjauh 20 m dengan 2 kali ulangan, jarak antar lokasi kurang lebih 1 km – 0,5 km. Sampel daging tiram *Crassostrea cucullata* dan air dari 6 titik sampling dianalisis konsentrasi logam berat Cu menggunakan metode AAS tipe shimadzu AA6000 dan dilakukan pengamatan kualitas air yang terdiri dari suhu, derajat keasaman (pH), salinitas, oksigen terlarut (DO) dan *total organik matter* (TOM). Analisis data menggunakan persamaan regresi linier sederhana dengan persamaan $Y = a + bX$. Hasil yang diperoleh dari analisis logam berat tembaga (Cu) yaitu konsentrasi logam berat Cu pada daging tiram *Crassostrea cucullata* tertinggi pada Lokasi 1 sebesar 0,928 dan terendah pada terendah pada lokasi 5 sebesar 0,0689 ppm. Konsentrasi logam berat pada air didapatkan nilai hasil tertinggi pada lokasi 1 sebesar 0,2173 ppm dan terendah pada lokasi 6 sebesar 0,1544 ppm. Konsentrasi Cu pada air berhubungan dengan daging tiram *Crassostrea cucullata* dengan persamaan $y = 0,3019x + 0,0259$ dengan nilai R^2 0,72. Hubungan logam berat air berpengaruh terhadap penyerapan logam Cu pada daging mempunyai tingkat kepercayaan sebesar 72%, sedangkan 28% adalah dipengaruhi oleh faktor lain. Faktor yang berpengaruh seperti dari makanan alami tiram seperti fitoplankton yang sudah terkontaminasi oleh Cu. Hasil uji regresi sederhana membuktikan semakin besar konsentrasi Cu pada air maka akan semakin besar pula penyerapan logam berat Cu pada daging tiram. Diharapkan pada saat pengambilan sampel dilakukan secara berulang setiap bulan agar didapatkan hasil analisis yang lebih akurat juga pentingnya memperhatikan waktu pengambilan sampel agar data yang diperoleh lebih akurat pula.

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau pernah diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis 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, Mei 2019

Penulis

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayahnya saya dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan judul “Analisa Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Tiram Bakau (*Crassostrea cucullata*) di Wilayah Pesisir Paciran, Jawa Timur”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

Penyusunan Skripsi ini tentunya tak lepas dari dukungan banyak pihak yang apabila tanpa dukungan mereka saya belum tentu dapat menyelesaikan Skripsi ini. Saya menyadari bahwa Skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, saya sangat berharap kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan dalam penyusunan laporan selanjutnya sehingga dapat mencapai tujuan yang dicapai.

Malang, 28 Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

IDENTITAS TIM DOSEN PENGUJI	iv
UCAPAN TERIMAKASIH.....	v
RINGKASAN	vi
PERNYATAAN ORISINALITAS	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	1
DAFTAR GAMBAR	2
DAFTAR LAMPIRAN	3
1. PENDAHULUAN	4
1.1 Latar Belakang	4
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Kegunaan Penelitian.....	7
1.5 Waktu dan Tempat Penelitian.....	7
2. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Logam Berat di Alam	9
2.1.1 Logam Berat Cu	10
2.1.2 Proses Masuknya Logam Berat ke Perairan	12
2.1.3 Proses Masuknya Cu ke Organisme (Tiram).....	13
2.2 Aspek Biologi Tiram Bakau (<i>Crassostrea cucullata</i>)	15
2.2.1 Klasifikasi.....	15
2.2.2 Morfologi	16
2.2.3 Habitat.....	17
2.2.4 Distribusi atau Persebaran.....	17
2.2.5 Kebiasaan Makan.....	18
2.2.6 Aspek Pemanfaatan.....	18
2.3 Fisiologi Tiram Bakau (<i>Crassostrea cucullata</i>).....	19
2.3.1 Sistem Respirasi Tiram	19
2.3.2 Sistem Sirkulasi Darah pada Tiram.....	20
2.3.3 Sistem Pencernaan pada Tiram	20
2.4 Parameter Kualitas Air.....	22
2.4.1 Suhu	22
2.4.2 Salinitas	22



2.4.3	Derajat Keasaman (pH).....	24
2.4.4	Oksigen Terlarut (DO)	25
2.4.5	<i>Total Organic Matter (TOM)</i>	25
3.	METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.2	Materi Penelitian.....	27
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	27
3.4	Metode Penelitian.....	28
3.5	Prosedur Penelitian	29
3.5.1	Penentuan Lokasi.....	29
3.5.2	Teknik Pengambilan Sampel.....	30
3.5.3	Pengukuran Kadar Cu pada Tiram.....	31
3.5.4	Pengukuran Kadar Cu pada Air	32
3.6	Analisis Parameter Kualitas Air.....	32
3.6.1	Suhu	32
3.6.2	Salinitas	33
3.6.3	pH	33
3.6.4	Oksigen Terlarut (DO)	34
3.6.5	TOM.....	34
3.7	Analisa Data	36
3.7.1	Analisis Regresi Linier Sederhana	36
3.7.2	Faktor Biokonsentrasi.....	37
3.7.3	Batas Aman Pangan Tiram <i>Crasosstrea cucullata</i>	37
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian	39
4.2	Morfometrik Tiram <i>C. cucullata</i>	44
4.3	Hasil Analisa Logam Berat Cu.....	46
4.3.1	Hasil Analisa Logam Berat Tembaga (Cu) pada Daging	46
4.3.2	Hasil Analisa Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air Laut.....	47
4.4	Hubungan Antara Konsentrasi Logam Berat Cu dengan Daging Tiram <i>C. cucullata</i>	49
4.5	Batas Aman Pangan Tiram <i>C. cucullata</i>	51
4.6	Faktor Biokonsentrasi	52
4.7	Analisa Kualitas Air.....	52
4.7.1	Suhu	52
4.7.2	pH	54
4.7.3	Oksigen Terlarut (DO)	55
4.7.4	Salinitas	57
4.7.5	<i>Total Organic Matter (TOM)</i>	58
5.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran.....	61
	DAFTAR PUSTAKA.....	62
	LAMPIRAN	67





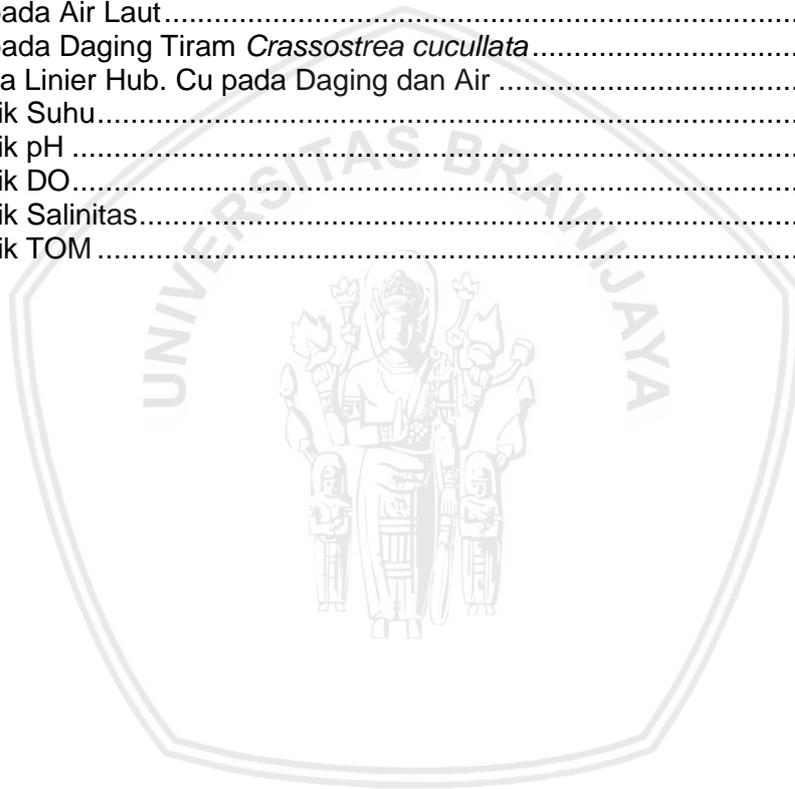
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu tentang Tiram Bakau.....	4
2. Baku Mutu Logam Berat Cu	21
3. Alat dan Bahan yang Digunakan	22
4. Batas Aman Konsumsi Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> pada Bulan Februari 2019	47



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tiram <i>Crassostrea cucullata</i>	13
2. Lokasi Sampel 1	34
3. Lokasi Sampel 2	35
4. Lokasi Sampel 3	35
5. Lokasi Sampel 4	36
6. Lokasi Sampel 5	37
7. Lokasi Sampel 6	37
8. Grafik Panjang Berat Tiram <i>Crassostrea cucullata</i>	38
9. Grafik Berat Keseluruhan Organ Tiram <i>Crassostrea cucullata</i>	39
10. Cu pada Air Laut.....	41
11. Cu pada Daging Tiram <i>Crassostrea cucullata</i>	43
12. Kurva Linier Hub. Cu pada Daging dan Air	44
13. Grafik Suhu.....	46
14. Grafik pH	48
15. Grafik DO.....	50
16. Grafik Salinitas.....	52
17. Grafik TOM	53



DAFTAR LAMPIRAN

Tabel	Halaman
1. Peta Penelitian	64
2. Stasiun Penelitian	65
3. Konsentrasi Tembaga (Cu) pada Bulan Februari 2019	69
4. Morfometrik Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> pada Bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran	66
5. Data Kualitas Air di Pesisir Paciran pada Bulan Februari 2019	67
6. Dokumentasi Kegiatan pada Bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran	68



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air laut adalah suatu komponen yang berinteraksi dengan lingkungan daratan, di mana buangan limbah dari daratan akan bermuara ke laut. Selain itu air laut juga sebagai tempat penerimaan polutan (bahan cemar) yang jatuh dari atmosfer. Limbah tersebut yang mengandung polutan kemudian masuk ke dalam ekosistem perairan pantai dan laut. Sebagian larut dalam air, sebagian tenggelam ke dasar dan terkonsentrasi ke sedimen, dan sebagian masuk ke dalam jaringan tubuh organisme laut. Menurut PP. No 19 (1999), pencemaran laut diartikan sebagai masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan laut oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan laut tidak sesuai lagi dengan baku mutu dan/atau fungsinya. Pencemaran di laut dapat diakibatkan oleh berbagai macam sumber, yaitu kegiatan pertambangan, aktivitas pelabuhan, tumpahan minyak dari kapal, kegiatan rumah tangga dan limbah industry. Limbah-limbah yang tidak dapat terdegradasi selanjutnya akan terakumulasi di perairan laut sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan.

Menurut Zubayr (2009), Limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri umumnya mengandung unsur logam berat beracun seperti Hg, Cd, Pb, Cu, Zn dan Ni. Selain memiliki daya cemar yang tinggi juga seringkali bersifat berbahaya dan beracun, oleh karena itu banyak dari limbah yang dihasilkan oleh industri tergolong ke dalam bahan berbahaya dan beracun (B3). Menurut Filipus et al. (2018), salah satu logam berat yang dapat mencemari biota perairan yaitu Tembaga (Cu) yang dikenal dengan logam esensial. Biota yang tercemar

biasanya yaitu melalui rantai makanan, dimana makanan tersebut tidak larut dengan sempurna.

Menurut Wulandari et al. (2012), tiram merupakan salah satu bioindikator terbaik untuk mengetahui tingkat kontaminasi logam berat di suatu daerah. Tiram merupakan biota yang potensial terkontaminasi logam berat, karena sifatnya sebagai *filter feeder*, sehingga biota ini sering digunakan sebagai hewan uji dalam pemantauan tingkat akumulasi logam berat pada organisme laut.

Wilayah Pesisir Kabupaten Lamongan sudah banyak mengalami pembangunan. Pembangunan tersebut antara lain pabrik pengalengan ikan, pabrik galangan kapal, penggunaan daerah wisata di sepanjang Pesisir Paciran yang juga berpotensi menyumbang limbah yang mengandung logam berat. Tidak hanya itu, dampak dari kegiatan – kegiatan tersebut juga dapat mempengaruhi organisme – organisme laut dan juga kualitas air laut sehingga laut menjadi tercemar. Hal ini tentu saja juga dapat mengganggu kegiatan ekonomi nelayan sekitar karena menurunnya sektor perikanan akibat pencemaran. Salah satu logam berat yang terdapat di Wilayah Pesisir Paciran adalah tembaga (Cu). Tembaga ini dapat berasal dari kegiatan industry seperti yang terjadi Pesisir Paciran yaitu industry pengalengan ikan, pabrik galangan kapal dan juga dapat berasal dari limbah organik yang dihasilkan oleh sampah – sampah yang dibuang warung – warung wisata setempat. Menurut Dahuri (2003), logam berat merupakan salah satu pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik dalam jumlah besar dapat mempengaruhi berbagai aspek biologis maupun ekologis perairan. Peningkatan konsentrasi logam berat pada kolom perairan akan mengakibatkan logam berat yang semula dibutuhkan untuk proses metabolisme akan berubah menjadi racun bagi organisme perairan.

Pesisir Paciran memiliki hasil laut yang melimpah, salah satunya adalah tiram. Tiram yang terdapat di Pesisir Paciran ini adalah jenis *Crassostrea cucullata*. *C. cucullata* ini banyak dijumpai di sepanjang Pesisir Paciran, yaitu antara lain di Desa Kandang Semangkon dimana di desa ini terdapat pabrik pengalengan ikan, bengkel perbaikan kapal, pembuangan sampah di lingkungan pelabuhan nelayan, dan pelabuhan kapal nelayan, selain di Desa Kandang Semangkon tiram *C. cucullata* ini dapat dijumpai di sepanjang pantai dekat Jalan Raya Paciran, dimana di pantai ini terdapat buangan limbah rumah tangga. Melihat letak tiram *C. cucullata* sangat dekat dengan areal perindustrian yang dapat menghasilkan limbah logam berat Cu, peneliti ingin mengetahui tentang konsentrasi logam berat Cu yang terdapat pada keseluruhan tiram karena tiram jenis ini digunakan masyarakat setempat untuk dikonsumsi maupun dijual.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka didapatkan rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Apakah ada perbedaan antara kandungan logam berat Cu pada tiram *Crassostrea cucullata* dan pada perairan Pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur?
2. Bagaimana hubungan antara logam berat Cu pada daging tiram *Crassostrea cucullata* dan logam berat Cu pada air di perairan Pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur?
3. Berapa nilai batas aman konsumsi tiram *Crassostrea cucullata* di pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur ?
4. Berapa nilai faktor biokonsentrasi untuk tiram *Crassostrea cucullata* di pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis apakah ada perbedaan antara kandungan logam berat Cu pada tiram *Crassostrea cucullata* dan pada perairan Pesisir Paciran.
2. Untuk menganalisis bagaimana hubungan antara logam berat Cu pada daging tiram *Crassostrea cucullata* dan logam berat Cu pada air di perairan Pesisir Paciran.
3. Menganalisis nilai faktor biokonsentrasi untuk tiram *Crassostrea cucullata* di pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur.
4. Menganalisis nilai batas aman konsumsi tiram *Crassostrea cucullata* di pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur.

1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi mengenai konsentrasi logam berat tembaga (Cu) pada keseluruhan organ tiram *C. cucullata* dan air, nilai biokonsentrasi dan batas aman pangan tiram *C. cucullata* di Pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur.

1.5 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kawasan Pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan pada bulan Februari 2019, dimana pengukuran kualitas air dilakukan langsung di lapang, pengukuran TOM dilakukan di Laboratorium UPT Air Tawar, Sumberpasir dan analisis logam berat tembaga (Cu) pada keseluruhan organ tiram *C. cucullata* dan air dilakukan di Laboratorium Halal Centre di Universitas Islam Malang.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat di Alam

Logam adalah unsur kimia yang siap membentuk ion (kation) dan memiliki ikatan logam. Logam merupakan salah satu dari tiga kelompok unsur yang dibedakan oleh sifat ionisasi dan ikatan, bersama dengan metaloid dan nonlogam. Dalam tabel Sistem Periodik Bahan Kimia garis diagonal digambar dari boron (B) ke polonium (Po) membedakan logam dari nonlogam. Unsur dalam garis ini adalah metaloid, kadangkala disebut semi-logam; unsur di kiri bawah adalah logam; unsur ke kanan atas adalah nonlogam. Beberapa contoh logam terkenal adalah aluminium, tembaga, emas, besi, timah, perak, titanium, uranium, dan seng. Logam berat merupakan logam yang mempunyai berat jenis (specific gravity) $5,0 \text{ g/cm}^3$ atau lebih, dengan nomor atom antara 21 (scandium) dan 92 (uranium) dari Sistem Periodik Bahan Kimia. (Direktorat Pengawasan Produk dan Bahan Berbahaya, Badan POM RI, 2010).

Keberadaan logam berat di perairan laut dapat berasal dari berbagai sumber, antara lain dari kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian dan buangan industri. Dari keempat jenis limbah tersebut, limbah yang umumnya paling banyak mengandung logam berat adalah limbah industri. Hal ini disebabkan senyawa logam berat sering digunakan dalam industri, baik sebagai bahan baku, bahan tambahan maupun katalis. Peningkatan kadar logam berat pada air laut akan mengakibatkan logam berat yang semula dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme dapat berubah menjadi racun bagi organisme laut. Selain bersifat racun, logam berat juga akan terakumulasi dalam sedimen dan biota melalui proses gravitasi. (Rochyatun et al., 2006)

Ada 2 mekanisme masuk logam berat ke dalam tubuh makhluk hidup, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Mekanisme langsung terjadi melalui penyerapan logam berat terlarut oleh organisme yang melakukan proses penyerapan air dan nutrisi ke dalam tubuh. Pada umumnya mekanisme ini berlaku pada tumbuhan air, yang menyerap unsur-unsur hara untuk proses metabolisme, melalui proses difusi osmosis. Cara lain logam berat dapat masuk ke dalam tubuh organisme hidup adalah melalui rantai makanan. Pengaruh logam berat dalam konsentrasi berlebih dalam air dapat menimbulkan terjadinya perubahan bentuk sel, menghambat laju fotosintesis, menghambat pertumbuhan jumlah klorofil dan menghambat laju pertumbuhan. (Puspasari, 2006).

2.1.1 Logam Berat Cu

Salah satu logam berat yang termasuk bahan beracun dan berbahaya adalah tembaga (Cu), merupakan salah satu logam berat yang banyak dimanfaatkan dalam industri, terutama dalam industri elektroplating, tekstil dan industri logam (alloy). Ion Cu (II) dapat terakumulasi di otak, jaringan kulit, hati, pankreas dan miokardium. Oleh karena itu, proses penanganan limbah menjadi bagian yang sangat penting dalam industri. Keberadaan unsur tembaga di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan. Cu termasuk ke dalam kelompok logam esensial, dimana dalam kadar yang rendah dibutuhkan oleh organisme sebagai koenzim dalam proses metabolisme tubuh, sifat racunnya baru muncul dalam kadar yang tinggi (Fitriyah et al., 2013).

Menurut Suhaidi (2013), tembaga bersumber dari peristiwa pengikisan (erosi) dari batuan mineral, debu, dan partikulat – partikulat Cu yang ada dalam lapisan udara yang dibawah turun oleh hujan. Cu masuk ke dalam lingkungan akibat dari aktivitas manusia seperti buangan limbah industri yang mengandung

Cu, campuran bahan pengawet seperti pada pengawet kayu, industri pengelolaan kayu, buangan rumah tangga, dan sebagainya. Keberadaan unsur tembaga di alam dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas, akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral seperti kalkosit (Cu_2S), kovelit (CuS), kalkopirit (CuFeS_2), bornit (Cu_5FeS_4) dan enargit (Cu_3AsS_4). Di perairan alami tembaga (Cu) terdapat dalam bentuk partikulat, koloid dan terlarut.

Tembaga masuk ke lingkungan melalui jalur alamiah dan jalur non alamiah. Pada jalur alamiah, logam mengalami siklus perputaran dari kerak bumi, ke lapisan tanah, ke dalam makhluk hidup, ke dalam kolam air, mengendap dan akhirnya kembali lagi ke kerak bumi. Kandungan alamiah logam berubah-ubah tergantung pada kadar pencemaran yang dihasilkan oleh manusia maupun karena erosi alami. Pada jalur non alamiah dalam unsur tembaga masuk ke dalam tatanan lingkungan akibat aktivitas manusia, antara lain berasal dari buangan industri yang menggunakan bahan baku buangan, industri galangan kapal, industri pengolahan kayu, serta limbah rumah tangga (Mu'Nisa dan Nurham, 2010).

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut, kandungan logam berat Cu maksimum dalam lingkungan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. Baku Mutu Tembaga (Cu) di Wilayah Perairan Laut.

No.	Wilayah	Baku Mutu	Satuan
1.	Perairan Pelabuhan	0,005	Mg/L
2.	Wisata Bahari	0,050	Mg/L
3.	Biota	0,008	Mg/L

2.1.2 Proses Masuknya Logam Berat ke Perairan

Logam berat masuk ke badan air dan mengendap pada sedimen terjadi karena tiga tahap, yaitu adanya curah hujan, adsorpsi dan penyerapan oleh organisme air. Logam berat pada lingkungan perairan akan diserap oleh partikel dan kemudian terakumulasi di dalam sedimen. Logam berat memiliki sifat mengikat partikel lain dan bahan organik kemudian mengendap didasar perairan dan bersatu dengan sedimen lainnya. Hal ini menyebabkan konsentrasi logam berat di dalam sedimen biasanya lebih tinggi daripada di perairan. (Susantoro et al., 2015)

Secara alamiah, Cu masuk kedalam badan perairan sebagai akibat dari erosi atau pengikisan batuan mineral dan melalui persenyawaan Cu di atmosfer yang dibawa turun oleh air hujan. Hasil buangan sampah ke perairan yang mengandung tembaga serta kegiatan industri mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam badan perairan. (Amansyah dan Syarif, 2014).

Menurut Nugraha (2009), peningkatan kadar logam berat dalam air laut yang terjadi pada umumnya disebabkan oleh masuknya limbah industri, pertambangan, pertanian dan domestik yang banyak mengandung logam berat. Dari keempat jenis limbah tersebut, limbah yang umumnya paling banyak mengandung logam berat adalah limbah industri. Hal ini disebabkan senyawa logam berat sering digunakan dalam kegiatan industri, baik sebagai bahan baku, bahan tambahan maupun katalis.

Logam Cu dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, apakah itu pada strata perairan, tanah ataupun udara (lapisan atmosfer). Tembaga yang masuk kedalam strata lingkungan dapat datang dari bermacam-macam sumber. Tetapi sumber – sumber masukan logam Cu kedalam strata lingkungan yang umum dan diduga paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian,

kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar (Daud et al., 2013).

Kadar Cu yang masuk kedalam tubuh dalam jumlah yang besar dapat menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan seperti keracunan, keracunan Cu secara kronis dapat dilihat dengan timbulnya penyakit Wilson dan Kinsky. Gejala dari penyakit Wilson ini adalah terjadi *hepatic cirrhosis*, kerusakan pada otak, dan demyelinasi, serta terjadinya penurunan kerja ginjal dan pengendapan Cu dalam kornea mata. Penyakit Kinsky dapat diketahui dengan terbentuknya rambut yang kaku dan berwarna kemerahan pada penderita. Sementara pada hewan seperti kerang, bila didalam tubuhnya telah terakumulasi dalam jumlah tinggi, maka bagian otot tubuhnya akan memperlihatkan warna kehijauan. Hal ini dapat menjadi petunjuk apakah kerang tersebut masih bisa dikonsumsi manusia atau tidak. (Amansyah dan Syarif, 2014).

2.1.3 Proses Masuknya Cu ke Organisme (Tiram)

Menurut Arfiati et al., (2018), masuknya logam berat pada tubuh tiram (*Crassostrea cucullata*) dapat melalui sistem pencernaan. Tiram mencari makanan dengan cara menyaring partikel – partikel yang ada di air kemudian makanannya masuk ke lambung, jika makanan mengandung logam maka akan terakumulasi dalam tubuh tiram tersebut.

Selain melalui sistem pencernaan, masuknya logam berat ke dalam tubuh tiram juga dapat melalui dua cara, yaitu *passive uptake* (transpor pasif) dan *active uptake* (transpor aktif). Transpor pasif adalah proses ketika ion logam berat terikat pada dinding sel biosorben. Transpor pasif terbagi menjadi dua cara, pertama yaitu dengan pertukaran ion, dimana ion yang berada di dinding sel digantikan oleh ion logam berat. Cara kedua yaitu pembentukan senyawa kompleks antara ion logam berat dengan gugus yang fungsional seperti amino,

fosfat dan karbonil. Proses tersebut terjadi secara bolak-balik dan cepat. Sedangkan transpor aktif adalah proses masuknya logam berat melalui membrane sel sama halnya dengan masuknya logam esensial ke dalam tubuh. Hal ini terjadi karena logam berat dan logam esensial memiliki sifat kimia-fisika yang mirip (Ridhowati, 2013).

Tabel 1. Penelitian Terdahulu Tentang Tiram Bakau

Adapun tabel penelitian terdahulu tentang tiram (*Crassostrea cucullata*) sebagai berikut:

No.	Nama/Tahun/Judul	Output
1.	Fajri, 2001. Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd dan Pb dalam Air Laut, Sedimen dan Tiram (<i>Crassostrea cucullata</i>) di Perairan Pesisir Kecamatan Pedes, Kabupaten Karawang, Jawa Barat.	Logam berat Hg, Cd dan Pb dalam air sudah melebihi ambang batas, dalam tiram masih dibawah batas yang ditetapkan.
2.	Herni, 2011. Analisis Cemar Logam Berat Seng (Zn) Dan Timbal (Pb) Pada Tiram Bakau (<i>Crassostrea Cucullata</i>) Asal Kabupaten Takalar Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).	Daging tiram mengandung logam berat Zn, namun tidak mengandung logam berat Pb dikarenakan limbah penambangan batu bara tidak mengkontaminasi tiram bakau.
3.	Pramusyawardhani, G. Arfiati, D, Soeprijanto, A. 2014. The Analysis of Heavy Metal Lead (Pb) on Oyster <i>Crassostrea Cucullata</i> and Fishing Port Waters of Mayangan Beach Probolinggo.	Tingkat logam berat di kawasan Pelabuhan Mayangan Probolinggo masih dibawah ambang batas, yaitu berada pada kisaran 0,023 ppm – 0,041 ppm. Kandungan logam berat timbal pada tiram <i>C. cucullata</i> berada dalam kisaran $0,6500 \pm 0,173$ ppm – $1,528 \pm 0,157$ ppm dan masih berada dibawah ambang batas yang sudah ditetapkan.
4.	Astuti, et al. 2016. Analisis Kandungan Logam Berat Pb Pada Tiram <i>Crassostrea Cucullata</i> Di Pesisir Krueng Raya, Aceh Besar.	Kandungan logam berat Pb pada Tiram tidak terdeteksi oleh AAS, namun kandungan logam berat untuk tiap stasiun paling tinggi terdapat pada stasiun II.
5.	Emersida, 2016. Kandungan Logam Berat pada Air dan Tiram (<i>Crassostrea cucullata</i>) di Muara Sungai.	Hasil analisis regresi linier menunjukkan terdapat kolerasi positif kandungan logam Pb dan Cu pada air dengan sedimen dengan hubungan kedua variabel lemah, sedangkan pada

No.	Nama/Tahun/Judul	Output
		kandungan logam Zn menunjukkan terdapat korelasi negatif hubungan kedua variabel sangat lemah.
6.	Ariyadillah, 2018. Analisis Kadar Logam Pb pada Insang Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> Dengan Ukuran yang Berbeda dari Perairan Pantai Jalan Raya Paciran, Lamongan.	Hasil uji regresi sederhana membuktikan semakin besar ukuran panjang tiram maka akan semakin besar pula perbedaan penyerapan logam berat pada tubuh tiram.

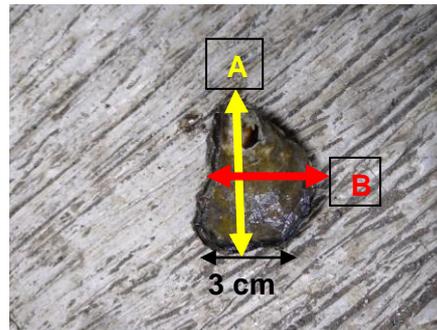
2.2 Aspek Biologi Tiram Bakau (*Crassostrea cucullata*)

Tiram digunakan sebagai nama umum untuk sejumlah kelompok yang berbeda dari kerang moluska yang hidup di laut atau payau. Beberapa jenis tiram umumnya dikonsumsi seperti dimasak atau dimakan mentah oleh manusia sebagai makanan yang lezat. Tiram merupakan sumber nutrisi yang sangat baik karena di dalamnya mengandung zinc, zat besi, kalsium, selenium, serta vitamin A dan vitamin B. Tiram tersebar luas, beberapa jenis diantaranya telah berhasil dibudidayakan yang terdiri dari marga *Ostrea* yang berbentuk pipih dan marga *Crassostrea* yang berbentuk seperti piala. Tiram adalah anggota keluarga Ostreidae. Keluarga ini termasuk tiram dapat dimakan, yang terutama berasal dari genera *Ostrea*, *Crassostrea*, *Ostreola*, dan *Saccostrea*. Contohnya termasuk tiram belon, tiram timur, olympia tiram, tiram pasifik, dan tiram batu Sydney dan tiram bakau. Jenis tiram yang terdapat banyak di Indonesia salah satunya adalah tiram bakau. (Zainura et al., 2016).

2.2.1 Klasifikasi

Tiram merupakan jenis bivalva yang bernilai ekonomis. Tiram mempunyai bentuk, tekstur, ukuran yang berbeda-beda. Keadaan tersebut yang mempengaruhi pertumbuhan tiram (Fisheries and Aquaculture Departement 2008). Klasifikasi tiram menurut World Register of Marine Species adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Moluska
Kelas	: Bivalvia
Sub Kelas	: Pteriomorphia
Ordo	: Ostreida
Super Famili	: Ostreoidea
Famili	: Ostreidae
Sub Famili	: Crassostreinae
Genus	: Crassostrea
Spesies	: <i>Crassostrea cucullata</i>



Gambar 1. *Crassostrea cucullata*
(Dokumentasi Penelitian, 2019)

Dimana:

A (Panjang tiram): Posterior – anterior

B (Lebar tiram): Dorsal – ventral

2.2.2 Morfologi

Crassostrea cucullata umumnya dikenal dengan nama tiram bakau. Mollusca mempunyai bentuk cangkang yang lonjong dengan ukuran 7 – 8 cm. Lapisan luar cangkang umumnya berwarna putih, berselaputkan suatu lapisan berwarna kecoklatan. Jalur jalur radial yang terpusat ke arah umbu terlihat jelas (Oemardjati,1990). Menurut Arfiati et al. (2018), *C. cucullata* mempunyai cangkang yang kecil hingga mencapai panjang 40 mm dan lebar 30 mm berbentuk oval dengan garis triangular, tergantung pada lapisan bawah dan ruang yang tersedia. Garis hinge lurus dan pendek serta mempunyai ligament yang pendek juga. Permukaan luar dari kedua katup kiri dan kanan berwarna putih keungu – ungu dengan warna ungu gelap di batas cangkang. Garis – garis putih nampak pada katup kanan pada beberapa spesies. Tiram jenis ini juga memiliki cangkang yang padat, namun tidak sama sisi. Pada cangkang bagian luar terdapat semacam pahatan lembut. Cangkang bagian luar dari tiram *C. cucullata* terlihat tidak bersisik. Cangkang bagian bawah kadang – kadang berbentuk cembung tanpa pahatan di bagian umbo. Sedangkan cangkang

bagian atas lebih pipih. Pada tepi cangkang di bagian dalam terdapat lekukan – lekukan terlihat seperti bergerigi atau semacam bentuk radula.

2.2.3 Habitat

Menurut Arfiati et al. (2014), tiram tumbuh dan menempel pada substrat keras di pantai. Tiram dewasa menempel pada substrat keras seperti kayu, batu atau materi keras lainnya dan tidak bergerak. Lebih lanjut, tiram hidup di muara sungai yang bersubstrat lumpur berpasir, pantai berbatu sampai laut dengan kedalaman 3 meter. *C. cucullata*, biasanya hidup menempel pada akar pohon bakau, tiang kolongbagan, pancang beton pelabuhan atau pada batu – batu di pantai. *C. cucullata* secara umum adalah jenis kerang yang hidup menempel pada benda lain. Tiram Bakau (Oyster (Ing)) atau *C. cucullata* adalah jenis tiram yang dapat dimakan, hidup menetap dengan menempelkan cangkangnya pada batu, bakau atau benda lainnya; sisi cangkangnya bergerigi, cangkang bisa untuk hiasan dan mencapai 5-7 cm. (Herni, 2011).

2.2.4 Distribusi atau Persebaran

Menurut Arfiati et al. (2018), persebaran *C. cucullata* ini persebaran yang luas. Tiram jenis ini biasanya banyak terdapat pada hutan mangrove dan pantai berbatu. Salah satunya di wilayah pesisir Jawa Timur. Di pesisir Jawa Timur ini sendiri persebaran dari *C. cucullata* tersebar dari Pantai Utara Jawa Timur, hingga Pantai Selatan Jawa Timur. Pantai – pantai yang banyak terdapat tiram *C. cucullata* antara lain pesisir wilayah Lamongan seperti Pantai Paciran, kemudian, di Situbondo seperti Pantai Kecamatan Bungatan, Pantai Desa Kembangambi dan Pantai Desa Klatakan. Pada wilayah Pantai Selatan, terdapat di Pacitan, seperti Pantai Klayar dan masih banyak lagi.

2.2.5 Kebiasaan Makan

Crassostrea sp. merupakan organisme penyaring makanan (*filter feeder*). Tiram memakan partikel dan materi organik, serta makhluk hidup yang tersuspensi di perairan. Tiram menyaring makanannya yaitu berupa bahan organik, bakteri protozoa dan fitoplankton. Jenis makanan tiram berkaitan erat dengan kelimpahan dan komposisi makanan yang tersedia di perairan. Fitoplankton dalam lambung tiram selalu sesuai dengan komposisi fitoplankton yang ada di perairan (Arfiati et al.,2018). Terdapat interaksi antara tiram dengan jenis fitoplankton yang dimanfaatkan. Terkait dengan mekanisme filter feeder, *Crassostrea sp.* mengambil air laut masuk ke dalam tubuhnya melalui inhalant siphon, aliran air laut akan berlanjut menuju ke labial palp dimana pada bagian tersebut akan melalui beberapa proses penyaringan dengan cilia yang terletak di sekitar mulut. Partikel makanan yang berukuran kecil akan lolos masuk ke mulut, sementara yang berukuran besar akan dikeluarkan kembali melalui enhalant siphon dalam bentuk pseudofeces (Pechenik, 2005). Menurut Asriyanti (2012), Tiram mempunyai kebiasaan makan dengan menyaring makanan (*filter feeder*), karena memiliki siphon yang pendek. Kebiasaan makan tersebut menyebabkan tiram dapat menyerap sebagian besar air dan kandungan-kandungan unsur didalamnya. Plankton yang terdapat di perairan akan tersaring melalui mekanisme makan tiram tersebut. Tiram dapat dijadikan bioindikator karena seluruh partikel-partikel yang terdapat di dalam perairan akan tersaring.

2.2.6 Aspek Pemanfaatan

a. Aspek Ekonomis

Menurut Endang (1998), *C. cucullata* memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Tiram jenis ini dapat dimanfaatkan sebagai lauk untuk konsumsi masyarakat. Selain itu, jupa dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan ekonomi

masyarakat nelayan sebagai sambilan ketika tidak melaut dengan cara diolah atau lgsg dijual ke TPI atau langsung dapat dijual ke penduduk sekitar untuk nantinya dapat diolah kembali menjadi olahan tiram yang bernilai ekonomis.

b. Aspek Ekologis

Menurut Asriyanti (2012), tiram memiliki manfaat sebagai bioindikator. Salah satunya pada *C. cucullata*. Karena memiliki siphon yang pendek, tiram memiliki sifat sebagai *filter feeder*. Sifatnya yang *filter feeder* atau dapat menyaring makanan menyebabkan tiram dapat menyerap sebagian besar air dan kandungan – kandungan unsur di dalamnya. Plankton yang terdapat di perairan akan tersaring melalui mekanisme makan tiram tersebut, sehingga dapat dijadikan sebagai bioindikator lingkungan perairan.

c. Aspek Sosial

Menurut Endang (1998), tiram jenis *C. cucullata* ini dapat digunakan sebagai lading mata pencaharian masyarakat. Selain teknik pengambilan tiram yang tergolong sederhana, tiram ini juga memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi yang nantinya dapat menunjang kehidupan para nelayan sekitar pesisir ketika sedang tidak melaut.

2.3 Fisiologi Tiram Bakau (*Crassostrea cucullata*)

2.3.1 Sistem Respirasi Tiram

Organ respirasi pada tiram adalah insang yang menggelantung dalam rongga mantel yang terletak disetiap sisi kaki. Setiap insang tersusun dari dua lamela dibagian dorsal yang saling berhubungan dengan bantuan penghubung interlamela yang membagi insang bagian dalam menjadi bulu air yang terletak vertical. Sedangkan dibagian dorsal buluh air dari setiap insang berhubungan dengan kamar supbrankial yang menuju ke posterior dan bermuara pada sifon dorsal (Kastawi, 2005)

2.3.2 Sistem Sirkulasi Darah pada Tiram

Sistem sirkulasi darah pada tiram terdiri dari jantung yang terletak di bagian bawah usus dalam rongga perikardium (selaput pembungkus jantung) dan terbagi menjadi dua bagian aurikel (ventral) dan sebuah ventrikel (dorsal). Ventrikel tersusun atas aorta anterior yang berfungsi sebagai penyalur darah ke kaki, lambung dan mantel. Sedangkan aorta posterior menyalurkan darah rektum dan mantel. Darah yang sudah mengalami oksigenasi di dalam mantel akan kembali langsung menuju jantung. Sedangkan darah yang bersirkulasi di beberapa bagian organ tubuh akan menuju vena yang kemudian diteruskan menuju ginjal. Dari ginjal darah akan dialirkan ke insang. Di dalam insang terjadi pertukaran oksigen dan karbondioksida yang dibawa oleh darah. Selanjutnya darah akan menuju jantung dan kembali disalurkan ke organ – organ yang membutuhkan (Kastawi, 2005).

2.3.3 Sistem Pencernaan pada Tiram

Menurut Lackey (1952) dan Coe (1947) dalam Barret (1963), insang yang terdapat pada tiram berfungsi sebagai bernapas dan mendapatkan makanannya. Pada saat tiram makan di permukaan insang terdapat helaian lendir yang dikeluarkan, kemudian cilia pada bagian dalam insang akan bergerak bersamaan untuk menarik air melalui katup. Makanan yang berukuran mikroskopis yang dibawa air masuk ke mulut akan tersaring oleh lendir, kemudian air akan melewati ostium atau pori-pori pada insang dan dibawa ke ruang pengeluaran yang kemudian kotoran keluar melalui anus.

Makanan yang sudah sampai di mulut akan masuk ke esophagus diteruskan ke lambung. Makanan akan dipecah-pecah dalam proses pencernaan kemudian yang tercerna dalam lambung akan diserap. Partikel makanan yang relative besar dan belum tercerna di lambung akan di masukkan ke *crystalline*

style sac untuk dicerna lebih lanjut. Proses pencernaan di lambung dan *crystalline sac* selain dipecah-pecah juga akan dibantu oleh enzim yang ada di dalamnya. Sesudah itu makanan akan masuk ke usus, partikel makanan yang sudah dicerna akan didorong oleh silia untuk dimasukkan ke dalam vakuoladan sel-sel digestif kemudian diaktifkan oleh enzim yang diedarkan ke sel-sel lain (Galtsoff, 1964).

Tiram bersifat *filter feeder* non selektif sehingga kandungan logam berat yang relative cukup tinggi tidak dapat ditemukan di dalam tubuhnya karena terjadinya proses akumulasi. Akumulasi logam berat sering terjadi pada kerang. Akumulasi inilah dapat menyebabkan keracunan bagi masyarakat yang mengonsumsinya karena toksisitasnya yang tinggi (Peeret et al., 2010).

Tiram dan kerang memiliki kebiasaan yang sama yaitu menyerap partikel halus yang ada di perairan atau yang disebut dengan filter feeder. Masuknya logam berat dalam tubuh tiram melalui cara makannya yaitu saat tiram menyaring partikel halus makanannya disaat itu juga partikel logam berat dalam perairan akan ikut terserap dan akan terakumulasi dalam tubuh tiram (Fauziyah et al., 2012). Selain melalui sistem pencernaan, masuknya logam berat kedalam tubuh tiram juga melalui dua cara yaitu *passive uptake* (transport pasif) dan *active uptake* (transport aktif). Transport pasif adalah proses ketika ion logam berat terikat pada dinding sel biisorben. Transport pasif terbagi atas dua cara yaitu dengan pertukaran ion, dimana ion yang berada di dinding sel digantikan oleh ion logam berat. Cara kedua yaitu pembentukan senyawa kompleks antara ion logam berat dengan gugus yang fungsional seperti amino, fosfat, karbonil dimana proses ini terjadi secara bolak-balik dan cepat. Sedangkan transport aktif adalah proses masuknya logam berat melalui membran sel sama halnya dengan proses

masuknya logam esensial kedalam tubuh. Hal ini terjadi karena logam berat dan logam esensial memiliki sifat kimia-fisika yang mirip (Ridhowati, 2013).

2.4 Parameter Kualitas Air

Adapun parameter kualitas air yang diukur pada penelitian ini meliputi suhu dan salinitas.

2.4.1 Suhu

Suhu merupakan faktor yang banyak mendapat perhatian dalam pengkajian kelautan. Data suhu dimanfaatkan untuk mempelajari gejala-gejala fisik di dalam laut serta kaitannya dengan kehidupan hewan atau tumbuhan (Nontji 1993). Suhu merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan dan distribusi benthos seperti bivalvia (Odum 1998).

Menurut Rahayu (2018), suhu memegang peranan penting dalam aktivitas biofisiologi tiram didalam air, seperti aktivitas filtrasi dan metabolisme. Suhu mempengaruhi secara langsung aktivitas organisme seperti pertumbuhan dan metabolisme. Sedangkan pengaruh tidak langsung meningkatkan daya akumulasi berbagai zat kimia dan menurunkan kadar oksigen dalam air. Apabila perairan tercemar oleh logam berat, maka sifat toksisitas dari logam berat terhadap biota air akan semakin meningkat seiring meningkatnya suhu.

Setiap spesies bivalvia mempunyai toleransi yang berbeda-beda terhadap suhu. Subu optimum bagi bivalvia berkisar antara 25 - 28°C. Pada bivalvia, suhu dan konsentrasi partikel tersuspensi merupakan faktor terpenting yang mempengaruhi jumlah filtrasi. Hal tersebut bergantung pada jenis spesies moluska dan rata-rata variasi dari kedua faletor tersebut (Islami, 2013).

2.4.2 Salinitas

Salinitas didefinisikan sebagai berat dalam gram dari semua zat padat yang terlarut dalam 1 kilo gram air laut jikalau semua brom dan yodium

digantikan dengan khlor dalam jumlah yang setara; semua karbonat diubah menjadi oksidanya dan semua zat organik dioksidasikan. Nilai salinitas dinyatakan dalam g/kg yang umumnya dituliskan dalam ‰ atau ppt yaitu singkatan dari part-per-thousand. penentuan salinitas air laut dapat dilakukan melalui pengukuran kadar khlor dalam air laut yang disebut khlorinitas air laut (Arief, 1984).

Menurut Fujaya (2004), Konsentrasi salinitas sangat berpengaruh terhadap proses osmoregulasi yaitu upaya hewan air untuk mengontrol keseimbangan air dan ion antara tubuh dan lingkungannya. Jika kondisi salinitas berfluktuasi maka semakin banyak energi yang dibutuhkan untuk metabolisme

Menurut Yanti et al. (2017), menyatakan bahwa pada kondisi salinitas optimal seperti pada salinitas ± 30 ppt, penggunaan energi untuk osmoregulasi tiram relatif lebih kecil dibandingkan dengan salinitas diluar optimal, dan pada salinitas optimal tersebut pertumbuhan mencapai maksimal. Apabila terjadi penurunan salinitas secara mendadak dalam kisaran yang cukup besar, maka akan menyulitkan tiram dalam pengaturan osmoregulasi tubuhnya sehingga dapat menyebabkan kematian.

Menurut Ranti et al. (2017), tiram akan memberikan respon terhadap perubahan salinitas dengan cara menutup cangkangnya dan menyesuaikan konsentrasi ion, asam amino dan molekul lainnya untuk menjaga kestabilan volume sel..

Asriyanti (2012) menyatakan bahwa tiram dapat hidup pada kisaran salinitas 15-32‰, bahkan dapat bertahan hidup pada salinitas <15‰. Salinitas yang berbeda – beda pada habitat tiram dapat menyebabkan perbedaan kepadatan populasi tiram.

2.4.3 Derajat Keasaman (pH)

Air laut mempunyai kemampuan menyangga yang sangat besar untuk mencegah perubahan pH. Perubahan pH sedikit saja dari pH alami akan memberikan petunjuk terganggunya sistem penyangga. Hal ini dapat menimbulkan perubahan dan ketidakseimbangan kadar CO₂ yang dapat membahayakan kehidupan biota laut. pH air laut permukaan di Indonesia umumnya bervariasi dari lokasi ke lokasi antara 6.0 – 8.5. Perubahan pH dapat mempunyai akibat buruk terhadap kehidupan biota laut, baik secara langsung maupun tidak langsung. Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh fluktuasi kandungan O₂ maupun CO₂. Tidak semua makhluk bisa bertahan terhadap perubahan nilai pH, untuk itu alam telah menyediakan mekanisme yang unik agar perubahan tidak terjadi atau terjadi tetapi dengan cara perlahan. Tingkat pH lebih kecil dari 4,8 dan lebih besar dari 9,2 sudah dapat dianggap tercemar. Hal ini dikarenakan kadar pH untuk bivalvia tidak boleh terlalu asam ataupun terlalu basa karena dapat menyebabkan kematian (Rukminasari et al., 2014)

Menurut Setyawati (1986), menegaskan bahwa pH 6,95 – 8,35 merupakan kisaran yang masih layak bagi kehidupan organisme bivalvia. Pada kondisi tertentu pH ini akan berubah-ubah sesuai dengan sifat zat-zat yang terdapat dalam perairan yang bersangkutan, seperti adanya penambahan volume air akibat adanya hujan dan meningkatnya suhu perairan tersebut.

Menurut Odum (1993) menyatakan bahwa kadar pH pada substrat tempat bivalvia tinggal sangat penting untuk pertumbuhan bivalvia. Substrat pH substrat normal yang baik untuk menunjang perkembangan dan pertumbuhan bivalvia adalah berkisar antara 6,5 – 7,5.

2.4.4 Oksigen Terlarut (DO)

Menurut Mariyam et al. (2004), penentuan kadar oksigen terlarut di dalam suatu perairan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan titrasi (titrimetri) dan dengan penggunaan alat ukur elektronik yang dinamakan DO meter.

Oksigen terlarut dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Salmin, 2005).

Menurut Effendi (2003), kadar oksigen yang terlarut di perairan alami bervariasi, tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air, dan tekanan atmosfer. Semakin besar suhu dan ketinggian (altitude) serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin kecil.

Kandungan oksigen terlarut mempengaruhi keanekaragaman organisme dalam suatu ekosistem perairan. Perairan dengan kandungan oksigen yang cukup stabil akan memiliki jumlah spesies yang lebih banyak. Pada suatu area dimana kandungan oksigen terlarutnya sebesar 1,0-2,0 ppm maka organisme moluska masih dapat bertahan hidup karena mereka mampu beradaptasi pada kandungan oksigen yang rendah, seperti halnya bivalvia dari family Ostreidae (Ismi, 2012).

2.4.5 Total Organic Matter (TOM)

Menurut Kristiawan et al. (2014), Bahan-bahan organik total secara alamiah berasal dari perairan itu sendiri melalui proses-proses penguraian pelapukan ataupun dekomposisi tumbuh-tumbuhan, sisa-sisa organisme mati dan buangan

limbah baik limbah daratan seperti domestik, industri, pertanian, dan limbah peternakan ataupun sisa pakan yang dengan adanya bakteri terurai menjadi zat hara.

Bahan organik terlarut total menggambarkan kandungan bahan organik total suatu perairan yang terdiri dari bahan organik terlarut, tersuspensi (particulate) dan koloid. Kandungan organik yang terdapat di sedimen laut terdiri dari partikel – partikel yang berasal dari hasil pecahan batuan dan potongan – potongan kulit (shell) serta sisa rangka dari organisme laut ataupun dari detritus organik daratan yang telah tertransportasi oleh berbagai media alam dan terendapkan di dasar laut dalam kurun waktu yang cukup lama. Secara umum, pendeposisian material organik karbon dan keadaannya (material yang bersumber dari cangkang dan karang) lebih banyak terdapat di daerah dekat pantai dan pada lingkungan laut lepas (Sari, et al. 2014).

Menurut Akbar et al. (2016), Bahan organik adalah kumpulan beragam senyawa-senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi, baik berupa humus hasil humifikasi maupun senyawa - senyawa anorganik hasil mineralisasi termasuk juga mikroba heterotrofik dan ototrofik yang terlibat dan berada di dalamnya. Bahan organik pada sedimen tersusun dari hasil pengendapan yang dipengaruhi oleh kondisi pada saat proses sedimentasi terjadi. Kondisi dengan keberadaan oksigen akan mengurangi jumlah senyawa organik yang mengendap akibat degradasi lebih lanjut dari bahan organik dalam kolom air. Jumlah bahan organik yang akan terendapkan juga erat hubungannya dengan produktivitas primer, gelombang, arus, serta keberadaan pemangsa dan decomposer.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pada penelitian ini mengambil lokasi di Pesisir Paciran, Jawa Timur. Waktu penelitian berlangsung mulai bulan Januari sampai bulan Februari 2019.

3.2 Materi Penelitian

Materi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan analisa kandungan logam berat tembaga (Cu) pada tiram bakau (*C. cucullata*) dan sedimen di kawasan peisir Paciran. Parameter yang diteliti meliputi suhu dan salinitas.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian

Parameter	Alat dan Bahan	Analisis
Pengukuran Suhu	- Alat : Thermometer Hg, stopwatch, washing bottle - Bahan : Tali, tisu, aquades	Insitu
Pengukuran pH	- Alat : pH meter (Senso Direct pH110), stopwatch, washing bottle - Bahan : aquades, tisu	Insitu
Pengukuran Salinitas	- Alat : Refraktometer (ABBE) , washing bottle - Bahan : tisu dan aquades	Insitu
Pengukuran	- Alat : DO meter (Lutron DO-5509)	Insitu

Parameter	Alat dan Bahan	Analisis
Oksigen Terlarut (DO)	- Bahan : Tisu dan aquades	
Pengukuran <i>Total Organik Matter</i> (TOM)	- Alat : Buret, statif, Erlenmeyer (50 ml), gelas ukur (50 ml), thermometer Hg, hot plate, pipet volume (10 ml), pipet tetes - Bahan : KMnO_4 (28,5 ml), H_2SO_4 (30 ml), Na- Oxalate (0,01 N), aquades, kertas label, tisu	Eksitu
Pengukuran Logam Berat	- Alat : Lampu elektroda Cu, timbangan Sartorius, oven, hot plate, beaker glass, labu ukur, AAS - Bahan : <i>Crassostrea cucullata</i> ($\text{HNO}_3:\text{HCL}$) 1:1 sebanyak \pm 10-15 ml, kertas saring, larutan standart, aquades	Eksitu

3.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survey dengan analisis secara deskriptif. Metode ini merupakan metode dengan melihat secara langsung kondisi lingkungan atau lokasi pengambilan sampel, yaitu di Pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan. Menurut Morissan (2012), metode survey merupakan metode yang digunakan peneliti untuk menggambarkan kenapa suatu situasi ada. Metode ini mempelajari dua atau lebih variabel dalam upaya menjawab pertanyaan atau menguji hipotesis penelitian.

Menurut Frick (2008), metode deskriptif atau penguraian empiris adalah metode yang digunakan peneliti untuk membuktikan suatu hipotesis dengan melakukan percobaan dan ulangan. Metode ini merupakan metode yang paling sering digunakan oleh peneliti.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Penentuan Lokasi

Teknik sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah *purposive random sampling*. Menurut Riduwan (2010), Purposive Random Sampling (sampling pertimbangan) ialah teknik sampling yang digunakan peneliti jika peneliti mempunyai pertimbangan-pertimbangan tertentu dalam pertimbangan sampelnya untuk tujuan tertentu.

Lokasi pengambilan sampel tiram *Crasostrea cucullata* yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini diambil dari pesisir Paciran, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan. Pengambilan sampel tiram dilakukan di 6 titik sampling yang berbeda, yaitu :

- Stasiun 1 ($112^{\circ}19'10.87''\text{BT}$ - $6^{\circ}52'10.26''\text{LS}$): Berada di dekat pabrik pengalengan ikan, perbaikan kapal, penggalangan kapal
- Stasiun 2 ($112^{\circ}19'10.57''\text{BT}$ - $6^{\circ}52'5.43''\text{LS}$): Kawasan pantai dekat mangrove api-api (*Avicennia officinalis*), sumber limbah masyarakat dan tempat pembuangan sampah
- Stasiun 3 ($112^{\circ}19'10.46''\text{BT}$ - $6^{\circ}52'1.33''\text{LS}$): Wilayah dekat pertambakan udang, dan pemberhentian kapal nelayan kecil
- Stasiun 4 ($112^{\circ}20'50.42''\text{BT}$ - $6^{\circ}52'9.61''\text{LS}$): Kawasan mangrove tanjang (*Rhizophora apiculata*), tumbuh alami, dan limbah rumah tangga
- Stasiun 5 ($112^{\circ}21'1.83''\text{BT}$ - $6^{\circ}52'9.58''\text{LS}$): Kawasan dekat jalan raya Paciran, sumber buangan limbah masyarakat

- Stasiun 6 (112°21'13.26"BT – 6°52'2.30"LS): Pantai Lorena

Sampel tiram diambil di bebatuan yang ada dipantai tersebut. Jarak pengambilan sampel tiram dari pantai ke arah laut secara horizontal di jarak ± 5 meter karena keberadaan tiram pada lokasi tersebut banyak untuk pemenuhan kebutuhan penelitian

3.5.2 Teknik Pengambilan Sampel

a. Pengambilan Air Sampel

Sampel air diambil secara langsung dan ditempatkan pada botol air mineral 600 ml. sampel air yang diambil merupakan air yang terdapat pada bagian permukaan. Sampel air yang sudah ditempatkan pada botol air mineral kemudian disimpan dalam coolbox yang nantinya akan diteliti di laboratorium. Sampel air yang diambil merupakan tempat terdapatnya tiram.

b. Pengambilan Sampel Tiram

Penentuan transek pengambilan sampel tiram dilakukan secara tegak lurus ke arah laut dengan menggunakan plot yang berukuran $1 \times 1 \text{ m}^2$ pada setiap transek, dan jarak antar plot ± 5 m. Hal tersebut dilakukan dengan pertimbangan batas aktifitas yang ada di sekitar lokasi masih memberikan pengaruh terhadap perairan. Sampel tiram diambil dengan cara mencongkel organisme yang menempel pada batuan menggunakan betel dan palu. Betel digunakan untuk mengambil tiram, sedangkan palu digunakan untuk memudahkan betel dalam mengambil atau mencongkel tiram. Sampel tiram yang sudah diambil kemudian dimasukkan kedalam plastik dan disimpan kedalam coolbox yang nantinya akan diamati kandungan Cu di laboratorium. Sebelum dianalisa kandungan Cu nya, tiram dipisahkan antara daging, kotoran dan cangkangnya. Pemisahan sampelnya dibedakan antara sampel daging yang sudah dibersihkan dari kotorannya dan sampel daging yang tidak dibersihkan

kotorannya. Pemisahan daging dan cangkangnya dilakukan dengan menggunakan betel, kemudian diambil seluruh dagingnya menggunakan sectio set dan dimasukkan ke dalam plastik untuk selanjutnya dianalisa kandungan Cu nya pada daging yang sudah dibersihkan kotorannya dan daging yang tidak dibersihkan kotorannya di laboratorium. Pengujian kandungan Cu pada tubuh tiram dan air dilakukan di Laboratorium Halal Center, Universitas Islam Malang.

3.5.3 Pengukuran Kadar Cu pada Tiram

Pengukuran kadar logam berat Cu pada tubuh tiram dilakukan oleh Laboratorium Halal Center, Universitas Islam Malang dimana metode yang digunakan di laboratorium tersebut adalah sebagai berikut:

1. 5 gram sampel kering ditimbang, kemudian diletakkan dalam cawan porselen.
2. Sampel kemudian dimasukkan kedalam temur dan dipanaskan pada suhu $\pm 700^{\circ}\text{C}$ selama ± 2 jam hingga menjadi abu.
3. 5 ml larutan aquaregia (HCl , HNO_3) ditambahkan pada sampel yang sudah menjadi abu, setelah itu dipanaskan di atas kompor listrik sampai kering dan mendinginkannya kembali.
4. HNO_3 encer (2,5 N) ditambahkan sebanyak 10 ml dan memanaskan kembali di atas kompor listrik perlahan – lahan ± 5 menit sambil diaduk dengan pengaduk kaca.
5. Sampel disaring ke labu 100 ml dan menambahkan aquades hingga tanda batas, kemudian mengocok sampek homogen.
6. Membaca sampel dengan menggunakan AAS memakai lampu katoda yang sesuai dengan logam yang akan diuji dan mencatat absorbansinya. (misalnya: jika ingin menentukan kadar logam Cu maka akan menggunakan lampu Cu).

7. Mengulangi tahap yang sama untuk sampel daging tanpa kotoran.

3.5.4 Pengukuran Kadar Cu pada Air

Pengukuran kadar logam berat Cu pada air laut dilakukan oleh Laboratorium Halal Center, Universitas Islam Malang, dimana metode yang biasa digunakan di laboratorium tersebut adalah sebagai berikut, yaitu:

1. Air sampel diambil sebanyak 10 ml dengan pipet volume 50 ml kemudian dimasukkan dalam Erlenmeyer 100 ml.
2. 5 ml aquageria ditambahkan, lalu dipanaskan di atas kompor listrik sampai kering lalu didinginkan.
3. 10 ml HNO_3 2,5 N ditambahkan, lalu dipanaskan hingga mendidih dan didinginkan
4. Sampel yang sudah didinginkan disaring ke labu ukur 50 ml, lalu aquades ditambahkan sampai tanda batas, dikocok sampai homogeny
5. Membaca sampel dengan menggunakan AAS memakai lampu katoda yang sesuai dengan logam yang akan diuji dan mencatat absorbansinya (misalnya: jika ingin menentukan kadar Cu maka menggunakan lampu Cu).

3.6 Analisis Parameter Kualitas Air

Analisis parameter kualitas air meliputi parameter yang mendukung dan mempengaruhi kehidupan Bivalvia. Parameter yang dianalisis meliputi parameter fisika yaitu suhu dan salinitas, sedangkan parameter kimia meliputi kadar Cu pada air dan sedimen.

3.6.1 Suhu

Menurut SNI 7550 (2009), pengukuran suhu perairan dilakukan dengan menggunakan Termometer Hg dengan prosedur sebagai berikut:

1. Thermometer Hg disiapkan
2. Thermometer Hg dimasukkan kedalam air sampel dengan tidak memegang badan thermometer Hg
3. Hasil ditunggu keluar selama 1 menit
4. Hasil dilihat pada thermometer Hg dengan posisi mata sejajar dengan thermometer Hg
5. Hasilnya dicatat.

3.6.2 Salinitas

Pengukuran kadar salinitas pada air sampel dilakukan dengan menggunakan refraktometer salt dengan prosedur sebagai berikut:

1. Refraktometer disiapkan
2. Penutup kaca prisma dibuka dan dibersihkan dengan aquades
3. 1 – 2 tetes air diteteskan pada kaca prisma
4. Kaca prisma ditutup kembali dengan hati – hati sehingga tidak terjadi gelembung udara di permukaan kaca prisma
5. Refraktometer diarahkan pada sumber cahaya
6. Nilai salinitasnya dilihat dari air yang diukur melalui kaca pengintai
7. Hasil pengukurannya dicatat

3.6.3 pH

Prosedur pengukuran derajat keasaman menggunakan pH meter merk PH-2011 yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- pH meter dinyalakan dengan menekan tombol ON
- Probe dimasukkan kedalam air mineral untuk mengkalibrasi
- Alat ditunggu hingga siap membaca
- pH meter dimasukkan kedalam badan air, menunggu nilainya hingga stabil dan mencatat hasilnya

3.6.4 Oksigen Terlarut (DO)

Pengukuran oksigen terlarut pada penelitian ini menggunakan DO meter merk lutron DO-5510. Prosedur pengukuran oksigen terlarut menggunakan DO meter menurut Mariyam et al. (2004), adalah sebagai berikut:

1. DO meter dikalibrasi dengan cara melepaskan sambungan *oxygen probe* dari soket input instrument pertama. Kemudian probe dimasukkan kedalam aquades, lalu menunggu selama 1 menit.
2. *Probe* disambungkan ke soket input instrument pertama, lalu menekan tombol ON/OFF
3. Tampilan O_2 digeser menjadi DO, lalu menekan tombol zero
4. *Probe* dicelupkan ke dalam perairan dengan kedalaman sekurang – kurangnya 10 cm.
5. Menunggu selama 1 – 5 menit
6. Hasil pada tampilan DO meter dicatat.

3.6.5 TOM

Pengukuran bahan organik dilakukan di Laboratorium Lingkungan dan Bioteknologi Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya memiliki prosedur pengukuran TOM atau bahan organik total berdasarkan SNI 06-6989.22 (2004) yaitu sebagai berikut:

1. 10 ml natrium oksalat 0,01 N dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, lalu 5 ml H_2SO_4 4N dimasukkan dan dipanaskan dengan suhu 70 °C.
2. Sampel diangkat dan dititrasi $KMNO_4$ 0,01 N hingga berubah menjadi warna merah muda, dan dicatat berapa ml titrannya (a ml).
3. 50 ml air sampel dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, bila diduga bahan organik yang terdapat dalam sampel tinggi maka perlu melakukan

pengenceran dengan cara mengambil 10 ml sampel air dan ditambahkan 40 ml akuades.

4. 5 ml H₂SO₄ 4N ditambahkan. Lalu "a" ml 0,01 N KMNO₄ ditambahkan dari buret dan selama 10 menit dididihkan dengan suhu 70 °C kemudian diangkat. Bila suhunya sudah turun menjadi 60 °C, langsung ditambahkan Natrium oksalat 0,01 N secara perlahan-lahan sampai tak berwarna.
5. Sampel dititrasi dengan KMNO₄ 0,01 N sampai berubah warna menjadi merah jambu atau pink dan dicatat berapa ml titrannya (X ml).
6. 50 ml akuades diambil, dan prosedur yang sama dilakukan seperti perlakuan pada sampel air, dan dicatat berapa ml titrannya (Y ml).
7. Menghitung hasil menggunakan rumus sebagai berikut:

$$TOM = \frac{(X - Y) \times 31,6 \times 0,01 \times 1000}{ml \text{ sampel}}$$

Keterangan :

X: ml titran untuk air sampel

Y: ml titran untuk akuades (larutan blanko)

31,6: seperlima dari BM KMNO₄, karena tiap mol KMNO₄ melepaskan 5 dalam reaksi ini

0,01: Normalitas KMNO₄

3.7 Analisa Data

3.7.1 Analisis Regresi Linier Sederhana

Perbandingan kadar tembaga pada air sampel dengan Keseluruhan Organ tiram *Crasostrea cucullata* dilakukan dengan sebaran titik dan estimasi kurva linier pada excel yang diperoleh dari pergerakan titik satu ke titik yang lain. Bentuk persamaan linier sederhana yang menunjukkan hubungan antara dua variabel X sebagai variabel independen dan variabel Y sebagai variabel dependen. Hubungan antara kadar Cu pada air dan Keseluruhan Organ tiram merupakan persamaan kurva linear yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = a + bX$$

Dimana :

- 1) Y : Kandungan logam berat Cu pada tubuh tiram *C. cucullata*)
- 2) X : Kandungan logam berat Cu pada air
- 3) a : Konstanta
- 4) b : Koefisien regresi (nilai peningkatan ataupun penurunan)

Model regresi, variabel dibedakan menjadi 2 bagian yaitu variabel bergantung (*dependent variabel*) dan variabel bebas (*independent variabel*). Menurut Sugiyono (2011), kategori tingkat hubungan variabel pada interval korelasi adalah sebagai berikut :

1. 0.199 = Sangat Rendah
2. 0.20 – 0.399 = Rendah
3. 0.40 – 0.599 = Cukup
4. 0.60 – 0.799 = Kuat
5. 0.80 – 1.000 = Sangat Kuat

3.7.2 Faktor Biokonsentrasi

Biokonsentrasi adalah bagian dari proses bioakumulasi. Biokonsentrasi didefinisikan sebagai pengambilan dan penyerapan polutan pada organisme hanya dari air laut. Menurut LaGrega (2001), faktor biokonsentrasi merupakan kecenderungan suatu bahan kimia yang diserap oleh organisme akuatik. BCF merupakan rasio antara konsentrasi bahan kimia dalam organisme akuatik dengan konsentrasi bahan kimia di dalam air. Dalam keadaan terlarut, polutan dapat diambil dan diserap oleh organisme dan akan mengalami proses biokonsentrasi. Faktor biokonsentrasi dipengaruhi oleh banyak hal, misalnya faktor konsentrasi logam berat dipengaruhi oleh jenis logam berat, jenis organisme, lama pemaparan, serta kondisi lingkungan perairan seperti pH, suhu, dan salinitas (Mukhtasor, 2007).

Faktor biokonsentrasi (BCF) merupakan faktor yang digunakan untuk mengetahui tingkat kemampuan organisme dalam mengakumulasi suatu unsur yang masuk kedalam tubuhnya dari kondisi lingkungan sekitar. Rumus perhitungan BCF :

$$BCF = C_{org} / C$$

Dimana :

- 1) C_{org} : Konsentrasi logam berat dalam organisme (mg/kg atau ppm)
- 2) C : Konsentrasi logam berat dalam air (ppm)

3.7.3 Batas Aman Pangan Tiram *Crasostrea cucullata*

Batas maksimum konsentrasi dari bahan pangan terkonsentrasi logam berat yang boleh dikonsumsi per minggu (Maksimum Weekly Intake) menggunakan angka ambang batas yang diterbitkan oleh organisasi dan lembaga pangan internasional World Health Organisation (WHO) dan Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive (JEFCA). Perhitungan maksimum

weekly intake menggunakan rumus : $MWI(g) = \text{Berat badan}^{a)} \times PTWI^{b)}$

Keterangan : a): Untuk asumsi berat badan sebesar 60 kg b):PTWI Provisoonal Tolerable Weekly Intake (angka toleransi batas maksimum per minggu) yang dikeluarkan lembaga pangan terkait dalam satuan $\mu\text{g.kg}^{-1}$ berat badan untuk logam berat Cu yaitu sebesar 0,0035 g/kg.

Setelah mengetahui nilai MWI dan mengetahui konsentrasi logam berat pada biota uji, maka dapat dihitung berat maksimal dalam mengkonsumsi kerang dalam setiap minggunya. Nilai *Maximum Tolerable Intake* (MTI) dihitung dengan rumus (Turkemen et al., 2008 dalam Mrajita, 2010):

$$MTI = MWI / Ct$$

Keterangan :

- 1) MWI : *Maximum Weekly Intake* (g untuk orang dengan berat badan 60 kg per minggu)
- 2) Ct : Konsentrasi logam berat yang ditemukan di dalam jaringan lunak (g/kg)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kabupaten Lamongan secara geografis terletak pada $6^{\circ} 51' 54''$ BT - $7^{\circ} 23' 6''$ LS dan $112^{\circ} 4' 41''$ BT - $112^{\circ} 33' 12''$ LS. Kabupaten Lamongan memiliki luas wilayah kurang lebih $1.812,80 \text{ km}^2$ dengan panjang garis pantai sepanjang 47 km. Batas wilayah administratif Kabupaten Lamongan sebelah utara berbatasan dengan laut Jawa, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Gresik, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Jombang dan Kabupaten Mojokerto, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Bojonegoro dan Kabupaten Tuban.

Kecamatan Paciran pada tempat pelelangan ikan memiliki luas area panjang pantai $\pm 14,6$ km dengan lebar 4 mil laut dengan jumlah nelayan yang ada sebanyak 20.058 orang. Jumlah armada/kapal penangkapan yang digunakan sebanyak 3.390 unit dengan berbagai jenis alat tangkap. Paciran bisa dikatakan sentra pariwisata dari Kabupaten Lamongan, karena di daerah ini terdapat banyak objek pariwisata. Maka dari itu, perlu ada kajian tentang kandungan logam berat Cu pada pesisir Paciran.

a. Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel 1 terletak pada titik koordinat $112^{\circ}19'10.87''$ BT- $6^{\circ} 52'10.26''$ LS. Sisi kiri tempat pengambilan sampel terdapat pabrik pengalengan ikan, dibelakang terdapat pembangunan pabrik pengalengan kapal dan disisi kanan ada pabrik perbaikan kapal. Ditepi pantai juga terdapat aliran buangan limbah dari pabrik maupun pemukiman warga setempat. Pada lokasi pengambilan sampel ke 1 dengan substrat karang berbatu dan sedikit licin sehingga dapat dijumpai tiram *C. cucullata* dengan jumlah yang

banyak. Namun, pada lokasi 1 ini ditemukannya tiram yang menempel pada karang sudah banyak yang mati dan terbuka. Lokasi 1 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Pengambilan Sampel 1. Desa Kandang Semangkon

Lokasi pengambilan sampel 2 terletak pada titik koordinat $112^{\circ}19'10.57''\text{BT} - 6^{\circ}52'5.43''\text{LS}$, dan disekitar pesisir terdapat area yang ditumbuhi mangrove secara alami, dekat dengan pembuangan sampah, di lingkungan pelabuhan nelayan kecil. Pada lokasi pengambilan sampel ke 2 dengan substrat karang berbatu dan sedikit licin serta berlumpur, sehingga dapat dijumpai tiram *C. cucullata* dengan jumlah yang tidak berbeda jauh dengan stasiun pengamatan pertama. Jarak lokasi stasiun 1 dengan stasiun 2 tidak begitu jauh sekitar 600 meter. Lokasi pengambilan sampel ke 2 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3. Lokasi Titik Pengambilan Sampel 2. Desa Kandang Semangkon

Lokasi Pengambilan sampel 3 terletak pada titik koordinat $112^{\circ}19'10.46''\text{BT}$ – $6^{\circ}52'1.33''\text{LS}$, dan di sekitar pesisir dekat wilayah pertambakan udang, dan tempat pendaratan kapal nelayan. Pada lokasi pengambilan sampel 3 dengan substrat karang berbatu dan sedikit licin, dan ada batu kerikil kecil – kecil, sehingga dapat dijumpai tiram *C. cucullata* dengan jumlah yang tidak berbeda jauh dengan stasiun pengamatan sebelumnya. Jarak antara lokasi 3 dengan lokasi 2 tidak begitu jauh sekitar 300 meter yang terpisahkan oleh jalan menuju tempat bagasi penyimpanan barang para nelayan. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 4. Lokasi Titik Pengambilan Sampel 3 Desa Kandang Semangkon

Lokasi pengambilan sampel 4 terletak pada titik koordinat $112^{\circ}20'50.42''\text{BT}$ – $6^{\circ}52'9.61''\text{LS}$ dan terdapat pada pohon mangrove. Di sekitar

pemukiman warga dan pohon mangrove yang tidak terlalu banyak juga terdapat beberapa rumah warga yang membuang limbah anorganik. Lokasi pengambilan sampel ke 4 dengan substrat karang berbatu dan sedikit licin sehingga dapat dijumpai tiram *C. cucullata* dengan jumlah yang tidak berbeda jauh dengan lokasi pengambilan sampel 3. Jarak antara lokasi 3 dengan 4 sejauh $\pm 1,5$ km. Sumber dari pencemaran logam berat Cu diduga dari limbah hasil pembuangan kegiatan rumah tangga yang ada di sekitar pantai. Lokasi pengambilan sampel 4 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 5. Lokasi Titik Pengambilan Sampel 4. Jalan Raya Paciran

Lokasi pengambilan sampel 5 terletak pada titik koordinat $112^{\circ}21'1.83''$ BT – $6^{\circ}52'9.58''$ LS. keadaan lapang pada lokasi 5 yaitu dengan permukaan yang berbatu agak licin dan tajam. Disepanjang pinggir pantai telah dibeton dengan tinggi sekitar 2 meter dan terdapat buangan limbah rumah tangga pada pipa paralon ukuran kecil yang langsung dibuang ke laut. pantai ini berbatasan langsung dengan jalan raya sehingga banyak polusi udara yang mencemari perairan. jarak antara lokasi 5 ke lokasi 4 tidak begitu jauh sekitar 400 meter. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 6. Lokasi Pengambilan Sampel 5. Pantai Jalan Raya Paciran

Lokasi pengambilan sampel 6 terletak pada titik koordinat $112^{\circ}21'13.26''\text{BT} - 6^{\circ}52'2.30''\text{LS}$ merupakan daerah pesisir pantai yang terletak di sepanjang Pantai Lorena, jalan raya Paciran, Lamongan. Di sekitar tepi pantai terdapat warung – warung dan pedagang kaki 5 yang memenuhi sepanjang area wisata pantai Lorena. Lokasi pengamatan ke 6 dengan substrat karang berbatu dan sedikit licin sehingga dapat dijumpai tiram *C. cucullata* dengan jumlah yang tidak begitu berbeda dengan stasiun pengamatan sebelumnya. Jarak lokasi 6 dengan lokasi 5 tidak begitu jauh sekitar 900 meter. Sumber dari pencemaran logam berat Cu diduga dari limbah hasil bahan bakar kapal. Lokasi pengambilan sampel 6 dapat dilihat pada gambar.



Gambar 7. Lokasi Pengambilan Sampel 6. Pantai Lorena

4.2 Morfometrik Tiram *C. cucullata*

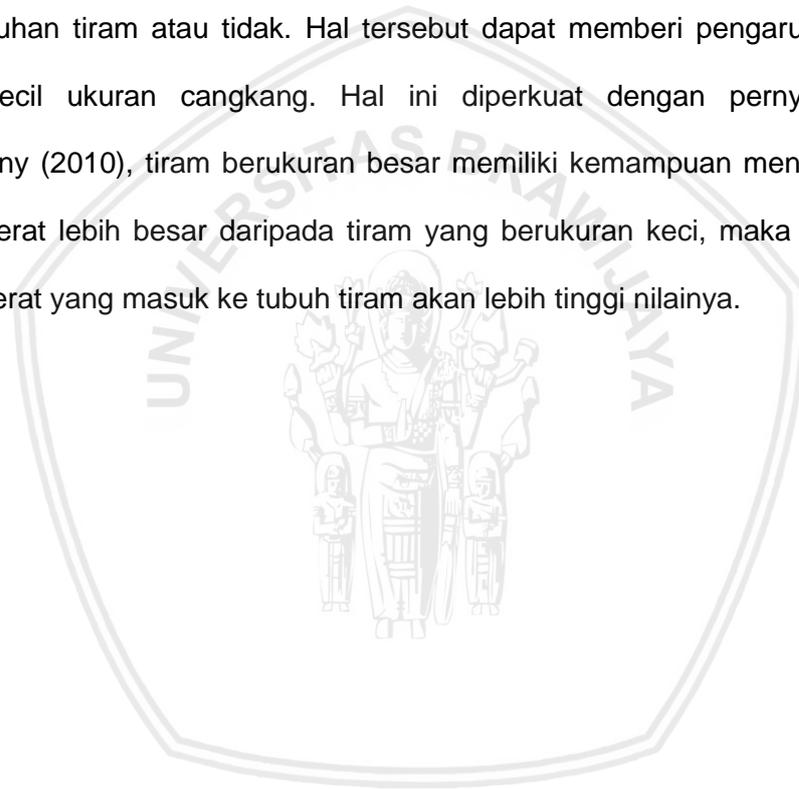
Morfometrik adalah suatu metode pengukuran bentuk-bentuk luar tubuh yang dijadikan sebagai dasar membandingkan ukuran tubuh tiram, seperti lebar, panjang standar, tinggi badan dan lain-lain. Pada moluska, ciri morfometrik yang diamati meliputi panjang, lebar, dan tebal umbo pada kedua cangkang. Menurut Winder (2011) pengukuran morfometrik tiram dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dengan ketelitian sampai 0,01 cm terhadap karakter-karakter panjang cangkang (Pc), lebar cangkang (Lc), dan tebal cangkang (Tc). Panjang cangkang diukur dari ujung anterior hingga ujung posterior cangkang, lebar cangkang diukur dari bagian dorsal ke bagian ventral cangkang, dan tebal cangkang diukur dari tepi cangkang bagian atas ke tepi cangkang bagian bawah (**Gambar. 1**)

Berdasarkan hasil pengukuran pada panjang tiram, didapatkan hasil kisaran rata-rata mulai dari 35,33 - 52,05 mm. Hasil rata-rata stasiun 1: 52,05 mm, stasiun 2: 43,78 mm, stasiun 3: 42,89 mm, stasiun 4: 36,08 mm, stasiun 5: 39,40 mm, dan stasiun 6: 35,33 mm. Hasil tertinggi pada stasiun 1 dan hasil terendah pada stasiun 6. Ukuran tiram akan mempengaruhi kadar logam berat dalam tiram tersebut.

Berdasarkan hasil pengukuran berat tiram didapatkan kisaran 23,05 – 12,60 gr. Hasil rata-rata stasiun 1: 23,05 gr, stasiun 2: 20,95 gr, stasiun 3: 16,65 gr, stasiun 4: 16,95 gr, stasiun 5: 13,55 gr, dan stasiun 6: 12,60 gr. Nilai tertinggi pada stasiun 1 dengan nilai 23,05 gr dan terendah pada stasiun 6 dengan nilai 12,60 gr. Hasil pengukuran berat keseluruhan organ didapatkan kisaran antara 18,87 – 11,60 mg. Hasil rata-rata stasiun 1: 19,87 mg, stasiun 2: 19,72 mg, stasiun 3: 15,82 mg, stasiun 4: 15,86 mg, stasiun 5: 12,46 mg, dan stasiun 6:

11,60 mg. Berat keseluruhan organ tertinggi didapatkan pada stasiun 2 sebesar 19,72 mg dan terendah pada stasiun 6 sebesar 11,60 mg.

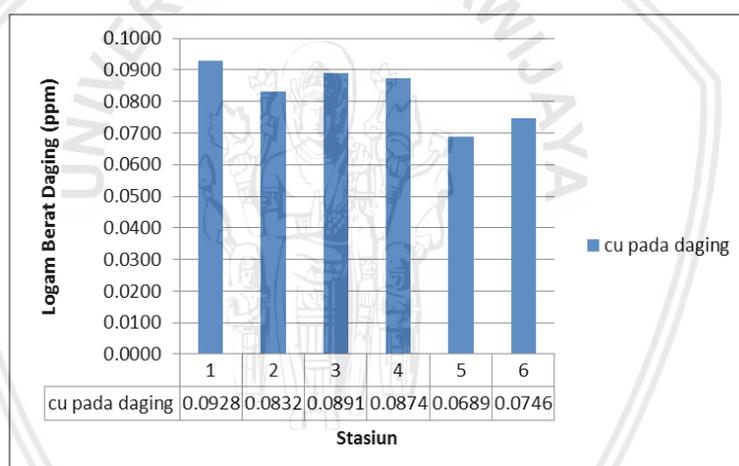
Ukuran tiram akan mempengaruhi kadar logam berat yang terdapat dalam tiram tersebut. Semakin besar ukuran tiram maka semakin besar pula kemampuan tiram dalam menyerap logam berat. Pertumbuhan pada tiram dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain keberadaan makan dan juga kondisi lingkungan perairan habitat tiram tersebut, kondisinya sesuai dengan pertumbuhan tiram atau tidak. Hal tersebut dapat memberi pengaruh terhadap besar kecil ukuran cangkang. Hal ini diperkuat dengan pernyataan dari Anggraeny (2010), tiram berukuran besar memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat lebih besar daripada tiram yang berukuran kecil, maka kandungan logam berat yang masuk ke tubuh tiram akan lebih tinggi nilainya.



4.3 Hasil Analisa Logam Berat Cu

4.3.1 Hasil Analisa Logam Berat Tembaga (Cu) pada Daging

Menurut Arfiati et al., (2018), masuknya logam berat pada tubuh tiram (*C. cucullata*) dapat melalui sistem pencernaan. Tiram mencari makanan dengan cara menyaring partikel – partikel yang ada di air kemudian makanannya masuk ke lambung, jika makanan mengandung logam maka akan terakumulasi dalam tubuh tiram tersebut. Logam berat yang masuk dalam tubuh tiram dapat disebabkan oleh makanan tiram tersebut yang sudah terkontaminasi oleh logam berat. Grafik kandungan logam berat Cu pada daging tiram disajikan pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Cu pada Daging Tiram *C. cucullata*

Kisaran konsentrasi Cu terendah pada lokasi 5 sebesar 0,0689 ppm dan tertinggi pada Lokasi 1 sebesar 0,0928. Hasil yang diperoleh mengalami fluktuasi. Nilai terbesar didapatkan pada lokasi 1, karena pada lokasi ini terdapat pabrik pengalengan ikan, pengalangan kapal, dan pembuatan kapal nelayan, serta masukan limbah dari pemukiman dan dekat dengan jalan raya yang kemungkinan dapat mempengaruhi dari nilai konsentrasi Cu. Nilai terendah didapatkan pada lokasi ke-5 yang kemungkinan karena tidak dekat dengan industri, dan jauh dari pemukiman, namun dekat jalan raya. Logam berat

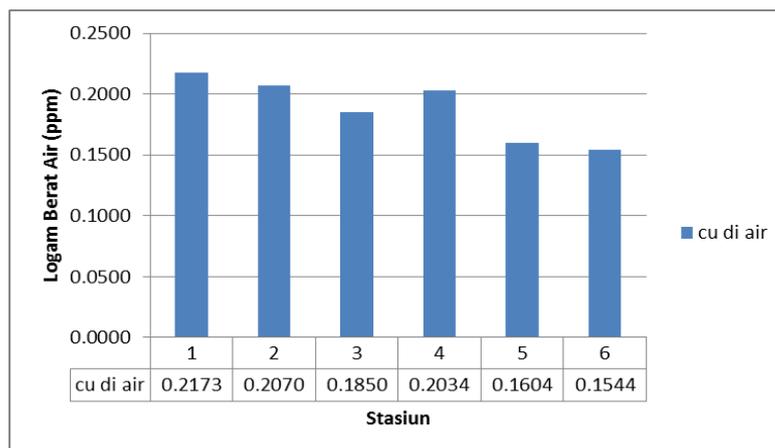
berpindah ke tubuh Tiram (*C. cucullata*) melalui proses akumulasi dan biomagnifikasi dari sisa pakan yang jatuh ke perairan, Tiram (*C. cucullata*) mendapatkan makanan (biasanya partikel-partikel kecil) dengan menyaringnya dari air atau disebut *filter feeder* (Emersida et al., 2014).

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004, yaitu baku mutu untuk kandungan Cu pada biota laut adalah sebesar 0,008 ppm. Pencemaran logam berat dikategorikan sebagai pencemaran yang menimbulkan dampak yang berbahaya terhadap lingkungan dan organisme di dalamnya. Logam berat mempunyai sifat non-degradable. Selain itu, logam berat akan terakumulasi di dalam lingkungan seperti kolom air dan sedimen serta terabsorpsi ke dalam biota laut (Effendi, 2003).

Menurut Sari et al. (2017), pada kolom air, konsentrasi logam berat akan sangat tergantung dengan faktor lingkungan. Perubahan nilai konsentrasi logam berat diakibatkan karena perubahan arus, suhu, salinitas, pH, kekuatan ionik, jumlah dan jenis bahan pencemar serta kedalaman. Kedalaman perairan yang berbeda tentunya juga memiliki karakteristik fisika dan kimia yang berbeda.

4.3.2 Hasil Analisa Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air Laut

Peningkatan kadar logam berat pada air laut dapat berubah menjadi racun bagi organisme laut. Selain bersifat racun, logam berat di perairan juga akan terakumulasi dalam sedimen yang pada gilirannya juga dapat terakumulasi oleh organisme. Konsentrasi logam berat dalam air yang dapat berubah-ubah dan sangat tergantung pada lingkungan dan iklim. Hasil analisis logam berat Cu dalam air dapat dilihat pada Gambar 11



Gambar 11. Cu pada Air Laut di Pesisir Paciran

Hasil yang diperoleh dari analisis logam berat dalam air mengalami fluktuasi. Didapatkan hasil terendah pada lokasi 6 sebesar 0,1544 ppm dan tertinggi pada lokasi 1 sebesar 0,2173 ppm. Hasil tertinggi didapatkan pada stasiun 1 karena dekat dengan sumber limbah pabrik pengalengan ikan, pengalangan kapal, dan perbaikan kapal-kapal nelayan yang sudah rusak, dan hasil terendah bisa jadi disebabkan karena pada lokasi tersebut jauh dengan sumber masukan limbah, namun dekat dengan jalan raya.

Keberadaan Cu di suatu perairan umum dapat berasal dari daerah industri yang berada di sekitar perairan tersebut. Logam ini akan terserap oleh biota perairan secara berkelanjutan apabila keberadaannya dalam perairan selalu tersedia (Cahyani et al., 2012). Menurut Sari (2017), konsentrasi Cu semakin menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman perairan. Karakteristik logam berat di perairan yang bersifat dinamis memiliki kaitannya dengan sifat toksisitas logam berat tersebut pada kolom air.

Hasil penelitian ini, telah menunjukkan bahwa di pesisir Paciran mengalami pencemaran karena nilai yang didapatkan melebihi baku mutu yang ada. Sesuai dengan keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004, yaitu baku mutu air laut untuk kandungan logam Cu pada perairan adalah sebesar 0,005 ppm. Sumber Cu di perairan adalah debu dan atau partikulat-partikulat Cu

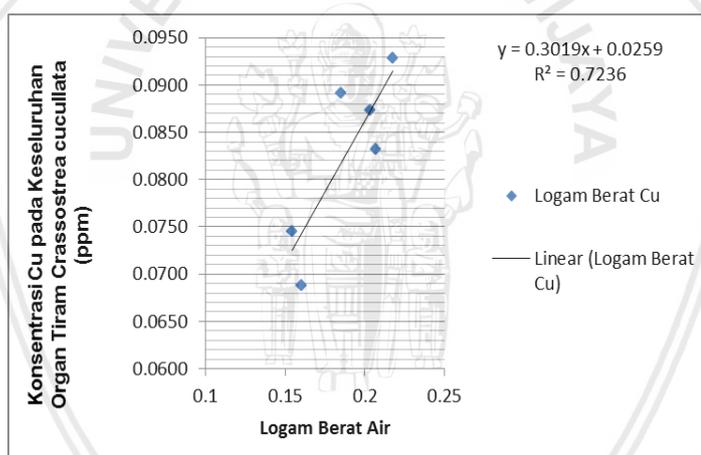
yang ada dalam lapisan udara yang dibawa turun oleh air hujan. Secara non alamiah, Cu masuk ke dalam perairan se-bagai limbah dari aktivitas manusia (Surbakti, 2011).

4.4 Hubungan Antara Konsentrasi Logam Berat Cu dengan Daging Tiram

C. cucullata

Kandungan logam berat Cu pada daging Tiram *C. cucullata* dengan air menunjukkan hasil kadar logam berat Cu yang berbeda di ke-6 titik sampling. Kadar logam Cu tersebut memiliki hasil yang berbeda yang cukup signifikan dan data logam Cu dari masing-masing tiram dan air yang di amati dapat dilihat pada

Gambar 12

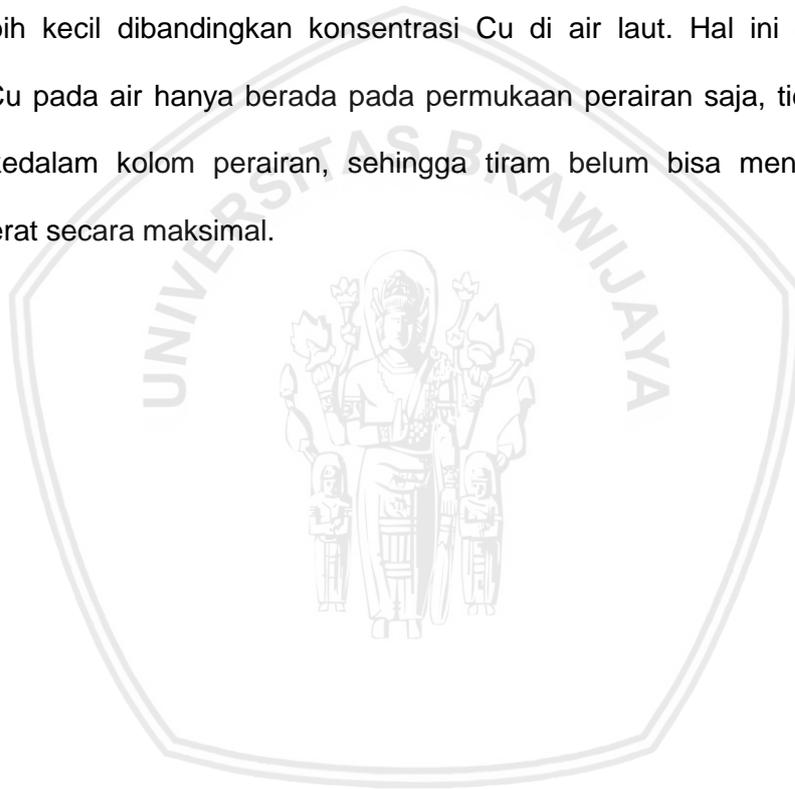


Gambar 12. Hubungan Logam Berat Tembaga pada Daging dan Air Laut Pesisir Pantai Paciran

Berdasarkan kurva linear diketahui hasil R square sebesar 0,72. Nilai tersebut sama dengan 72%. Angka tersebut mengandung arti bahwa semakin tinggi konsentrasi logam berat di air maka semakin tinggi konsentrasi logam berat pada daging. Hubungan logam berat air berpengaruh terhadap penyerapan logam Cu pada daging mempunyai tingkat kepercayaan sebesar 72%, sedangkan 28% adalah dipengaruhi oleh faktor lain. Faktor yang berpengaruh seperti dari makanan alami tiram seperti fitoplankton yang sudah terkontaminasi

oleh Cu. Tingkat kepercayaan 72% diduga adanya sumber Cu yang berasal dari aliran sungai yang melalui berbagai aktivitas masyarakat seperti kegiatan pertanian dan adanya pabrik pengalengan ikan. Berdasarkan hasil tersebut, apabila R square menjauhi satu maka dapat dikatakan tidak terdapat pengaruh, tetapi apabila nilai R square semakin mendekati satu atau positif maka pengaruh tersebut semakin kuat.

Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa konsentrasi Cu dalam daging tiram lebih kecil dibandingkan konsentrasi Cu di air laut. Hal ini disebabkan karena Cu pada air hanya berada pada permukaan perairan saja, tidak sampai masuk kedalam kolom perairan, sehingga tiram belum bisa mengakumulasi logam berat secara maksimal.



4.5 Batas Aman Pangan Tiram *C. cucullata*

Batas aman pangan ini dihitung bertujuan untuk mengetahui batas aman daging tiram yang mengandung logam berat dikonsumsi tiap individu. Perhitungan batas aman pangan ini dihitung dengan estimasi berat badan 60 kg dan konsumsi daging tiram per minggu. Hasil yang didapatkan pada perhitungan batas aman pangan tiram *C. cucullata* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Batas Aman Konsumsi Tiram *C. cucullata*

Batas Aman Konsumsi				
Konsentrasi Keseluruhan Organ Tiram <i>C. cucullata</i> (ppm)	Berat Badan (kg)	PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake) (g/kg)	MWI (Maximum Weekly Intake) (g)	MTI (Tolerable Intake) (Kg)
0,0928	60	0,0035	0,21	2,26
0,0832	60	0,0035	0,21	2,52
0,0891	60	0,0035	0,21	2,35
0,0874	60	0,0035	0,21	2,40
0,0689	60	0,0035	0,21	3,04
0,0746	60	0,0035	0,21	2,81

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada tabel 5, diketahui bahwa batas aman konsumsi tiram dengan berat badan rata-rata individu sebesar 60 kg didapatkan pada stasiun 1: 2,26 kg/minggu, stasiun 2: 2,52 kg/minggu, stasiun 3: 2,35 kg/minggu, stasiun 4: 2,40 kg/minggu, stasiun 5: 3,04 kg/minggu, dan stasiun 6: 2,81 kg/minggu, dengan total konsentrasi pada keseluruhan organ tiram sebesar 0,21 g. Nilai MTI digunakan sebagai acuan batas konsumsi mingguan tiram yang didapat dari pesisir Paciran, apabila individu yang memiliki berat badan rata-rata 60 kg mengkonsumsi tiram melebihi nilai MTI yang didapatkan maka tembaga dapat bersifat toksik bagi yang mengkonsumsi.

Gejala yang timbul pada manusia yang keracunan Cu akut adalah mual, muntah, sakit perut, hemolisis, nefrosis, kejang, dan akhirnya mati. Pada

keracunan kronis, Cu tertimbun dalam hati dan menyebabkan hemolisis. Hemolisis terjadi karena tertimbunnya H_2O_2 dalam sel darah merah sehingga terjadi oksidasi dari lapisan sel yang mengakibatkan sel menjadi pecah. Defisiensi suhu dapat menyebabkan anemia dan pertumbuhan terhambat (Darmono, 1995).

4.6 Faktor Biokonsentrasi

Berdasarkan perhitungan faktor biokonsentrasi, didapatkan hasil pada stasiun 1: 0,427 ppm, stasiun 2: 0,401 ppm, stasiun 3: 0,481 ppm, stasiun 4: 0,429 ppm, stasiun 5: 0,429 ppm, dan stasiun 6: 0,483 ppm. Hasil tertinggi didapatkan pada stasiun 6 sebesar 0,483 ppm dan hasil terendah didapatkan pada stasiun 2 sebesar 0,401 ppm. Berdasarkan hasil keseluruhan diketahui bahwa nilai faktor biokonsentrasi $BCFs < 1$. Hal ini menandakan bahwa tiram kurang memiliki kemampuan mengakumulasi logam dalam tubuhnya, dikarenakan ukuran tiram yang masih kecil.

Hasil diatas sesuai dengan pernyataan Janssen *et.al.* (1997), yang menyatakan bahwa, apabila nilai $BCFs > 1$ dari konsentrasi yang ada di kolom air berarti organisme tersebut memiliki kemampuan akumulasi logam dalam tubuh, sebaliknya $BCFs \leq 1$ dari konsentrasi yang ada dalam perairan berarti organisme tersebut kurang memiliki kemampuan mengakumulasi logam dalam tubuhnya.

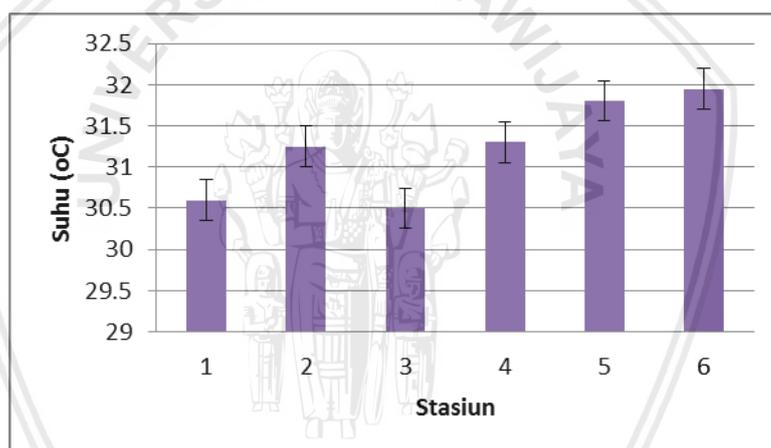
4.7 Analisa Kualitas Air

4.7.1 Suhu

Pengukuran parameter fisika yang pertama adalah suhu. Suhu pada stasiun 1 di titik pertama ini diukur pada pukul 06.00 WIB, di titik kedua diambil pada pukul 06.15 WIB. Pada stasiun 2 di titik pertama suhu diukur pada pukul

06.45 WIB, sedangkan pada titik kedua suhu diukur pada pukul 07.00 WIB. Pengukuran suhu di stasiun 3 pada titik pertama dilakukan pada pukul 07.30 WIB, sedangkan pada titik kedua diukur pada pukul 07.45 WIB. Pengukuran suhu pada stasiun 4 di titik pertama dilakukan pada pukul 08.10 WIB, sedangkan pada titik kedua dilakukan pada pukul 08.25 WIB. Pengukuran suhu pada stasiun 5 di titik pertama dilakukan pada pukul 09.10 WIB, sedangkan pada titik kedua dilakukan pada pukul 09.30 WIB. Pengukuran suhu pada stasiun 6 di titik pertama dilakukan pada pukul 10.00 WIB, dan pada titik kedua dilakukan pada pukul 10.20 WIB.

Hasil pengukuran suhu dilapang dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 13. Grafik Hasil Pengukuran Suhu

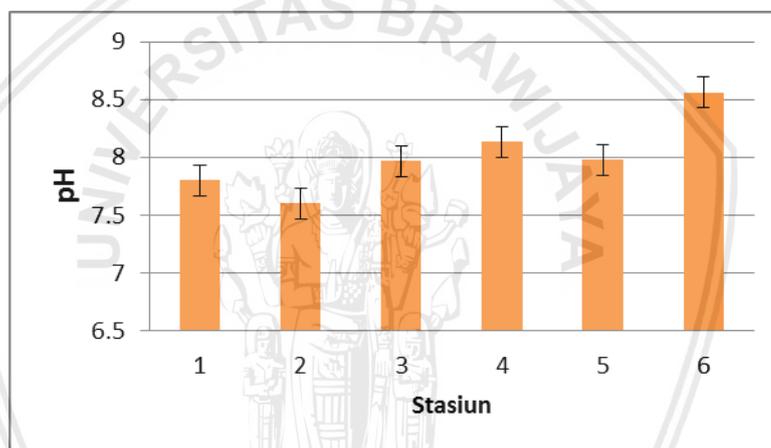
Kisaran nilai suhu yang didapatkan yaitu antara $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $32,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nilai suhu yang didapatkan dari stasiun 1 hingga stasiun 6 semakin meningkat, dikarenakan pada saat pengukuran waktu yang semakin siang adanya pengaruh dari intensitas cahaya matahari dan pada stasiun penelitian semakin siang air semakin surut dan perairan juga semakin dangkal.

Menurut Hadikusumah (2008), faktor-faktor yang mempengaruhi suhu permukaan air laut dan suhu udara ialah keseimbangan kalor dan keseimbangan masa air di lapisan permukaan laut. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi suhu dan salinitas di perairan ini adalah penyerapan panas (heat flux),

curah hujan (presipitation), aliran sungai (flux) dan pola sirkulasi arus. Perubahan pada suhu dan salinitas akan menaikkan atau mengurangi densitas air laut di lapisan permukaan sehingga memicu terjadinya konveksi ke lapisan bawah.

4.7.2 pH

pH merupakan parameter yang menyatakan kandungan hidrogen yang larut dalam air. Nilai pH suatu perairan memiliki ciri yang khusus yaitu adanya keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan yang diukur adalah konsentrasi ion hidrogen. Hasil pengukuran pH dilapang dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 14. Grafik Hasil Pengukuran pH

Pengukuran parameter kimia yang pertama adalah pH. pH pada stasiun 1 di titik pertama ini diukur pada pukul 06.00 WIB, di titik kedua diambil pada pukul 06.15 WIB. Pada stasiun 2 di titik pertama suhu diukur pada pukul 06.45 WIB, sedangkan pada titik kedua suhu diukur pada pukul 07.00 WIB. Pengukuran pH di stasiun 3 pada titik pertama dilakukan pada pukul 07.30 WIB, sedangkan pada titik kedua diukur pada pukul 07.45 WIB. Pengukuran pH pada stasiun 4 di titik pertama dilakukan pada pukul 08.10 WIB, sedangkan pada titik kedua dilakukan pada pukul 08.25 WIB. Pengukuran pH pada stasiun 5 di titik pertama dilakukan pada pukul 09.10 WIB, sedangkan pada titik kedua dilakukan pada pukul 09.30

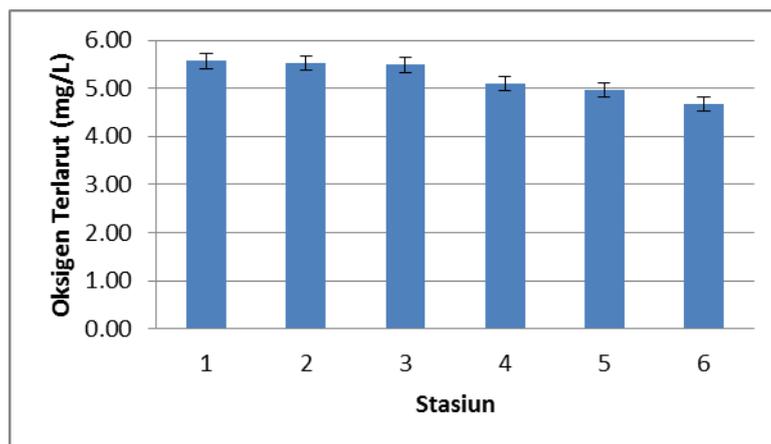
WIB. Pengukuran pH pada stasiun 6 di titik pertama dilakukan pada pukul 10.00 WIB, dan pada titik kedua dilakukan pada pukul 10.20 WIB.

Hasil pengukuran kisaran pH dari terendah ke tinggi yaitu 7,7 – 8,62. Kisaran pH semakin meningkat, hal ini bisa jadi dikarenakan bahwa adanya peningkatan proses fotosintesis sehingga mengakibatkan pH naik, karena pada waktu siang hari digunakan proses fotosintesis maupun metabolisme. pH air merupakan faktor pembatas pada kehidupan tiram dan jasad renik lainnya. pH air yang baik untuk kehidupan tiram adalah netral sampai sedikit alkali 6-8.

Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh fluktuasi kandungan O₂ maupun CO₂. Tidak semua makhluk bisa bertahan terhadap perubahan nilai pH, untuk itu alam telah menyediakan mekanisme yang unik agar perubahan tidak terjadi atau terjadi tetapi dengan cara perlahan. Tingkat pH lebih kecil dari 4,8 dan lebih besar dari 9,2 sudah dapat dianggap tercemar (Sary, 2006). Pada konsentrasi yang besar CO₂ juga masuk kedalam perairan sehingga mengakibatkan perubahan parameter kualitas air khususnya pH air dan sistem karbonat. Pengasaman laut, mengakibatkan terganggunya kehidupan organisme laut (Rukminasari et al., 2014).

4.7.3 Oksigen Terlarut (DO)

DO merupakan salah satu kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan organisme perairan. DO didalam perairan dimanfaatkan untuk kebutuhan respirasi, reproduksi dan kesuburan. Sumber-sumber DO didalam perairan biasanya berasal dari adanya difusi udara, adanya masukan air hujan, maupun hasil fotosintesis dari fitoplankton. Pengukuran DO dilapang dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 15. Grafik Hasil Pengukuran DO

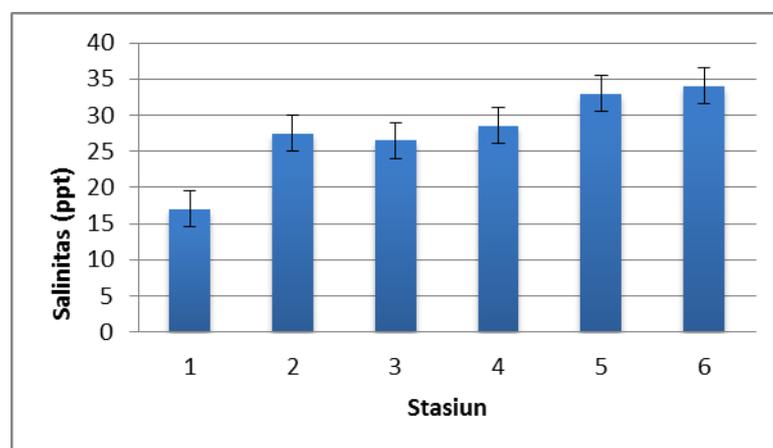
Pengukuran parameter kima yang selanjutnya adalah oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen*. DO pada stasiun 1 di titik pertama ini diukur pada pukul 06.00 WIB, di titik kedua diambil pada pukul 06.15 WIB. Pada stasiun 2 di titik pertama DO diukur pada pukul 06.45 WIB, sedangkan pada titik kedua suhu diukur pada pukul 07.00 WIB. Pengukuran DO di stasiun 3 pada titik pertama dilakukan pada pukul 07.30 WIB, sedangkan pada titik kedua diukur pada pukul 07.45 WIB. Pengukuran DO pada stasiun 4 di titik pertama dilakukan pada pukul 08.10 WIB, sedangkan pada titik kedua dilakukan pada pukul 08.25 WIB. Pengukuran DO pada stasiun 5 di titik pertama dilakukan pada pukul 09.10 WIB, sedangkan pada titik kedua dilakukan pada pukul 09.30 WIB. Pengukuran DO pada stasiun 6 di titik pertama dilakukan pada pukul 10.00 WIB, dan pada titik kedua dilakukan pada pukul 10.20 WIB.

Konsentrasi DO perairan mengalami fluktuasi. Hasil DO dari ke-6 stasiun berkisar antara 4,86 mg/L hingga 5,64 mg/L. Hasil yang didapatkan terbilang normal, karena pada saat siang hari nilai DO menurun akibat aktivitas organisme untuk respirasi dan fotosintesis. Nilai DO di perairan laut juga dipengaruhi oleh pergerakan air, seperti pasang surut air laut. DO dalam air juga dipengaruhi suhu, jika suhu rendah maka tingkat kelarutan juga semakin tinggi.

Oksigen meningkat disebabkan oleh proses fotosintesis dan berkurang disebabkan oleh respirasi oleh organisme serta oksidasi bahan organik oleh bakteri. Pada lapisan permukaan, kandungan oksigen cenderung meningkat kemudian semakin bertambah kedalaman, kandungannya semakin berkurang. Aktivitas fotosintesis yang berkurang pada lapisan dibawah termoklin mengakibatkan nilai oksigen berkurang. Pada daerah eufotik, umumnya kelebihan oksigen diatas saturasi atmosfer yang disebabkan oleh adanya produksi biologi bersih (net biological production) dari fitoplankton (Hamzah dan Trenggono, 2014).

4.7.4 Salinitas

Salinitas merupakan salah satu faktor fisiologis yang berpengaruh terhadap pemanfaatan pakan dan pertumbuhan bivalvia. Apabila terjadi penurunan salinitas secara mendadak dalam kisaran yang cukup besar, maka akan menyulitkan tiram dalam pengaturan osmoregulasi tubuhnya sehingga dapat menyebabkan kematian. Pertumbuhan akan terjadi setelah organisme air mampu melakukan sistem homeostasis dan mempertahankan keadaan internal supaya tetap stabil sehingga memungkinkan tetap terselenggaranya aktivitas fisiologi di dalam tubuh. Hasil pengukuran salinitas dilapang dapat dilihat pada Gambar.



Gambar 16. Grafik Hasil Pengukuran Salinitas

Pengukuran parameter kimia selanjutnya adalah salinitas. Salinitas pada stasiun 1 di titik pertama ini diukur pada pukul 06.00 WIB, di titik kedua diambil pada pukul 06.15 WIB. Pada stasiun 2 di titik pertama salinitas diukur pada pukul 06.45 WIB, sedangkan pada titik kedua suhu diukur pada pukul 07.00 WIB. Pengukuran salinitas di stasiun 3 pada titik pertama dilakukan pada pukul 07.30 WIB, sedangkan pada titik kedua diukur pada pukul 07.45 WIB. Pengukuran salinitas pada stasiun 4 di titik pertama dilakukan pada pukul 08.10 WIB, sedangkan pada titik kedua dilakukan pada pukul 08.25 WIB. Pengukuran salinitas pada stasiun 5 di titik pertama dilakukan pada pukul 09.10 WIB, sedangkan pada titik kedua dilakukan pada pukul 09.30 WIB. Pengukuran salinitas pada stasiun 6 di titik pertama dilakukan pada pukul 10.00 WIB, dan pada titik kedua dilakukan pada pukul 10.20 WIB.

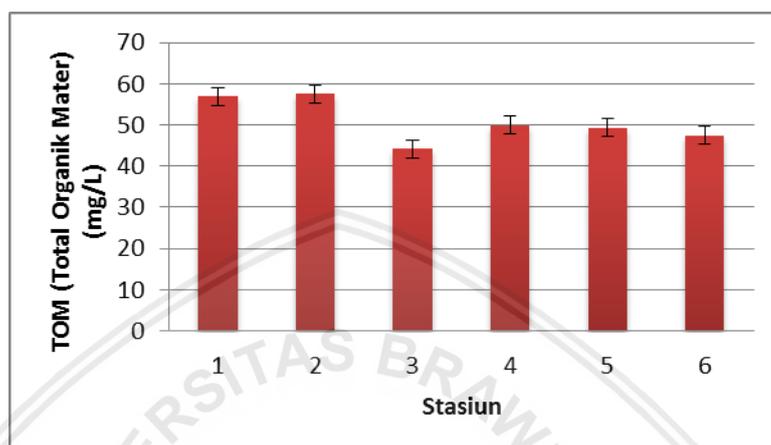
Kisaran nilai salinitas mengalami fluktuatif. Hasil pengukuran salinitas ke-6 stasiun didapatkan nilai terendah sebesar 16 ppt dan tertinggi sebesar 35 ppt. Nilai salinitas terendah didapatkan pada stasiun 1, hal ini dikarenakan lokasi stasiun 1 terletak dengan masukan air limbah dari pabrik, maupun buangan limbah dari pemukiman, sehingga adanya masukan air dan limbah mempengaruhi konsentrasi dari nilai salinitas yang didapatkan. Nilai salinitas yang didapatkan masih mampu ditoleransi oleh organisme perairan.

Menurut Rumahlata et al. (2008), terdapat faktor yang mempengaruhi perubahan nilai salinitas di perairan, yaitu terdapat masukan aliran sungai yang membawa garam-garam mineral dari daratan dan adanya pertukaran massa air dari samudera.

4.7.5 Total Organic Matter (TOM)

Peranan bahan organik di dalam ekologi laut adalah sebagai sumber energi (makanan), sumber bahan keperluan bakteri, tumbuhan maupun hewan.

TOM juga dapat dipengaruhi dari ketersediaan makanan yang dibutuhkan oleh tiram dan menandakan perairan tersebut tercemar oleh limbah organik atau tidak. Hasil pengukuran TOM dapat dilihat pada Gambar 17 dan data dapat dilihat pada Lampiran 3.



Gambar 17. Grafik Hasil Pengukuran TOM

Pengukuran parameter kimia yang terakhir adalah TOM atau *Total Organic Matter*. Pengambilan sampel air untuk pengukuran TOM dimulai pada pukul 06.15 WIB sampai pukul 11.00 WIB, berbarengan dengan pengukuran parameter lainnya. Sedangkan pada pengukuran TOM atau titrasi dilakukan di Laboratorium UPT. Perikanan Air Tawar Sumberpasir, Malang.

Kisaran nilai TOM dari ke-6 lokasi stasiun didapatkan nilai terendah yaitu 37,92 ppm dan tertinggi sebesar 73,31 ppm. Nilai tertinggi diperoleh pada stasiun 2 yang kemungkinan dipengaruhi oleh adanya masukan limbah dari masyarakat yang dekat dengan saluran pembuangan kamar mandi, sedangkan nilai terendah pada stasiun 6 dikarenakan hanya terdapat padasan karang dengan air yang semakin sedikit karena semakin surut, dan jauh dari sumber limbah organik.

Menurut Kilops (1993), bahan organik terlarut total menggambarkan kandungan bahan organik total suatu perairan yang terdiri dari bahan organik terlarut, tersuspensi (*particulate*) dan koloid. Pengendapan bahan-bahan organik dalam sedimen laut banyak dipengaruhi oleh kondisi pada saat proses

sedimentasi terjadi. Kondisi oksik dengan keberadaan oksigen akan mengurangi jumlah senyawa organik yang mengendap. Hal ini dikarenakan pada saat proses sedimentasi, akan terjadi oksidasi di dalam kolom air yang menyebabkan terjadinya degradasi lebih lanjut dari bahan organik.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- 1) Hasil dari analisis kandungan logam berat pada keseluruhan organ tiram dan air melebihi baku mutu yang ada. Nilai konsentrasi Cu pada air berkisar antara 0,02173 – 0,01544 ppm. Nilai konsentrasi pada keseluruhan organ berkisar antara 0,0928 – 0,0689 ppm. Hasil konsentrasi Cu pada air dan keseluruhan organ tiram menunjukkan adanya perbedaan.
- 2) Hubungan antara rata-rata konsentrasi Cu di air dengan konsentrasi Cu pada keseluruhan organ tiram adalah positif dimana kenaikan konsentrasi Cu di air dapat menaikkan nilai konsentrasi Cu pada keseluruhan organ tiram *C. cucullata*, dengan persamaan linier sederhana $y = 0,3019x + 0,0259$.
- 3) Batas aman konsumsi dengan berat badan rata-rata individu sebesar 60 kg didapatkan nilai pada stasiun 1: 2,26 kg/minggu, stasiun 2: 2,52 kg/minggu, stasiun 3: 2,35 kg/minggu, stasiun 4: 2,40 kg/minggu, stasiun 5: 3,04 kg/minggu, dan stasiun 6: 2,81 kg/minggu
- 4) Faktor biokonsentrasi secara keseluruhan didapatkan nilai $BCFs < 1$. Hal ini menandakan bahwa tiram kurang memiliki kemampuan mengakumulasi logam dalam tubuhnya, dikarenakan ukuran tiram yang kecil.

5.2 Saran

Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dalam pengambilan sampel dapat dilakukan secara berulang agar data konsentrasi logam berat yang didapatkan lebih akurat dan dapat dijadikan perbandingan dan pada saat pengambilan sampel air untuk analisis kualitas air diharapkan lebih memperhatikan waktu pengambilan agar hasil yang didapatkan lebih akurat lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A., Wulandari, S. Y., & Maslukah, L. 2016. Konsentrasi Bahan Organik Total (Bot) Dan Logam Berat Timbal (Pb) Di Sedimen Perairan Pantai Tasikagung, Rembang. *Journal of Oceanography*, 5(4): 496-504.
- Arfiati, D. and Kharismayanti, H.F., 2018. *Crassostrea: Tiram Bakau dan Tiram Batu*. Universitas Brawijaya Press.
- Arfiati, D., R. R. Agustri dan H. Umi. 2014. Studi Populasi Tiram *Crassostrea cucullata* di Sekitar Perairan Pelabuhan PPI Mayangan Kota Probolinggo Jawa Timur. Green Technology.
- Arief, D. 1984. Pengukuran Salinitas Air Laut dan Peranannya dalam Ilmu Kelautan. *Jurnal Oceana*. IX (1): 3-10.
- Asriyanti, D. 2012. Kepadatan Tiram (*Crassostrea cucullata* Born 1778) pada Habitat Mangrove di Perairan Pantai Mayangan, Jawa Barat.
- Azhar, H., Widowati, I., & Suprijanto, J. (2012). Studi Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Cd, Cr Pada Kerang Samping (*Amusium Pleuronectes*), Air Dan Sedimen Di Perairan Wedung, Demak Serta Analisis Maximum Tolerable Intake Pada Manusia. *Journal of Marine Research*, 1(2), 35-44.
- Barret, E.M. 1963. The California Oyster Industry. The Resources Agency of California Department of Fisheries. Fisheries Bulletin 123.
- Cahyani, M. D., Nuraini, R. A. T., & Yulianto, B. (2012). Studi kandungan logam berat tembaga (Cu) pada air, sedimen, dan kerang darah (*Anadara granosa*) di Perairan Sungai Sayung dan Sungai Gonjol, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal Of Marine Research*, 1(2), 73-79.
- Cahyono, T. 2015. Statistika Uji Normalitas. Yayasan Sanitarian Banyumas. Purwokerto.
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Makhhluk Hidup. UI Press. Jakarta
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. UI Press. Jakarta.
- Daud, A., Sartika, D., & Manyullei, S. Studi Kadar Tembaga (Cu) Pada Air Dan Ikan Gabus Di Sungai Pangkajene Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep The Study Of Ciprum (Cu) Concentration Of Water And Cork Fish In Pangkajene River Pangkep Regency.



- Direktorat Pengawasan dan Bahan Berbahaya., 2010. Mengenal Logam Berat. Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan Berbahaya. Jakarta.
- Effendi, H. 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya lingkungan perairan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Filipus, R. A., Purwiyanto, A. I. S., & Agustriani, F. 2018. Bioakumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Di Perairan Muara Sungai Lumpur Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 10(2), 131-140.
- Fitriyah, A. W., Utomo, Y., & Kusumaningrum, I. K. 2013. Analisis Kandungan Tembaga (Cu) dalam Air dan Sedimen di Sungai Surabaya. *Skripsi diterbitkan, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang*.
- Fujaya, 2004. Pandun Budidaya Udang Windu. Penebar Swadaya : Jakarta.
- Galtsoff, P. S. 1964. The American Oyster (*Crassostrea virginica*). Fishery Bulletin of The Fish and Wildlife Service. Vol 64: 489 p.
- Herni, H., 2011. Analisis Cemar Logam Berat Seng (Zn) dan Timbal (Pb) pada Tiram Bakau (*Crassostrea cucullata*) Asal Kabupaten Takalar dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar).
- Islami, M.M., 2013. Pengaruh Suhu dan Salinitas Terhadap Bivalvia. *Oseana. UPT Balai Konservasi Biota Laut Ambon, LIPI*, 38(2).
- Ismi, S., & Nur, A. 2012. *Distribusi dan Keanekaragaman Bivalvia di perairan Puntondo Kabupaten Takalar* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar).
- Janssen, P.H., Schuhmann, A., Moerschel, E., and Rainey, F.A., 1997. Novel Anaerobic Ultramicrobakteria Belonging to the Verrucomicrobiales Lineage of Bacterial Descent Isolated by Dilution Culture from Anoxic Rice Paddy Soil. *Applied and Enviromental Microbiology* 63. 1382-1388.
- Jumiati. 2017. Akumulasi Logam Timbal (Pb) Pada Tiram *Crassostrea* Sp. Dan Hubungannya Dengan Parameter Lingkungan Laut Di Perairan Kecamatan Barru, Kabupaten Barru. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Hasanudin
- Komarawidjaja, W., Riyadi, A., & Garno, Y. S. 2017. Status Kandungan Logam Berat Perairan Pesisir Kabupaten Aceh Utara dan Kota Lhokseumawe. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 18(2): 251-258.

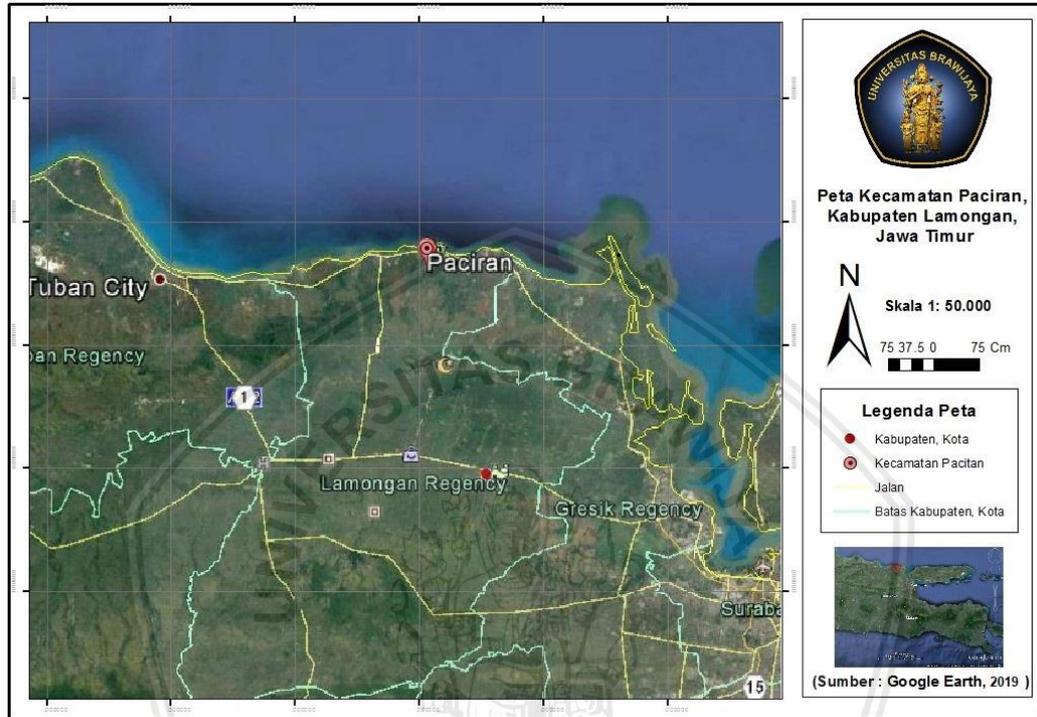
- Kristiawan, D., & Widyorini, N. 2014. Hubungan Total Bakteri Dengan Kandungan Bahan Organik Total Di Muara Kali Wisu, Jepara. *Management of Aquatic Resources Journal*, 3(4): 24-33.
- Kustiyarini, L dan I. Djaja. 2011. Keanekaragaman Bivalvia di Pesisir Pantai Payumb Kelurahan Samkai Distrik Merauke. *Jurnal Agricola*. 1(1).
- LaGrega, M.D., Phillip L. Buckingham, Jeffry C. Evans and Environmental Resources Management. 2001. Hazardous Waste Managemen. Second Edition. McGraw Hill Interntional Edition. New York.
- Lestari, L., & Budiyanto, F. 2013. Concentration of Hg, Cd, Cu, Pb and Zn in sediment of Gresik waters. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 5(1).
- Mariyam, S., Romdon, S., & Kosasih, E. 2017. Teknik Pengukuran Oksigen Terlarut. *Buletin Teknik Litkayasa Sumber Daya Dan Penangkapan*, 2(1): 45-47.
- Morissan, M.A., 2012. Metode penelitian survei. *Jakarta: Kencana*.
- Nontji, Anugrah., 1993. *Laut Nusantara*. Cetakan Kedua. Djembatan. Jakarta
- Nugraha, W.A., 2009. Kandungan logam berat pada air dan sedimen di perairan socah dan kwanyar kabupaten bangkalan. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 2(2), pp.158-164.
- Odum, E.P. 1993. Dasar – Dasar Ekologi. Edisi Ketiga. Penerbit Gadjah Mada. University Press. Yogyakarta. Indonesia
- Odum, E.P. 1998, Dasar-dasar Ekologi. Alih Bahasa : Samingan, T dan B. Srigandono. Edisi Ketiga Universitas Gadjah Mada Press, Yogyakarta, 824 hlm.
- Priyanti., D. F. D. Arfiati dan A. Kurniawan. 2016. Analisis Berat Daging dan IKG (Indeks Kematangan Gonad) Tiram *Crassostrea Iredalei* Berdasarkan Fase Bulan. Prosiding Seminar Nasional Kelautan. Universitas Trunojoyo. Madura
- Oemarjati, Boen S., Wisnu W. 1990. Taksonomi Avertebrata. Cetakan I. Penerbit UI- Press. Jakarta. Hal 95.
- Prastyo, H. 2017. Statistika, Dasar – Penelitian I. Lembaga Pendidikan dan Pelatihan International English Institute Of Indonesia. Mojokerto. 28hlm
- Puspasari, R. 2017. Logam dalam Ekosistem Perairan. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 1(2): 43-47.
- Riduwan. (2010). Belajar Mudah Penelitian. Bandung: Alfabeta

- Ritonga, I. R., Effendi, M., dan Hamdhani, H. 2018. Analisis Resiko Kesehatan Pencemaran Logam Berat Pada Tiram (*Saccostrea Cucullata*) Di Pesisir Salo Palai, Propinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Enggano*, 3(2), 241-249.
- Rukminasari, N., Nadiarti, N., & Awaluddin, K. 2014. Pengaruh Derajat Keasaman (pH) Air Laut Terhadap Konsentrasi Kalsium dan Laju Pertumbuhan *HALIMEDA SP.* *Jurnal Administrasi dan Kebijakan Kesehatan Indonesia*, 24(1).
- Salmin, O.T., 2005. Dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Pusat Penelitian Oseanografi-Lipi, Jakarta*.
- Santoso, P., 2012. Pengaruh kejut salinitas terhadap pemijahan tiram (*Crassostrea cucullata* Born). *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 15(3), pp.159-162.
- Sari, T. A., Atmodjo, W., & Zuraida, R. 2014. Studi Bahan Organik Total (BOT) Sedimen Dasar Laut di Perairan Nabire, Teluk Cendrawasih, Papua. *Journal of Oceanography*, 3(1): 81-86.
- Sari, S. H. J., Kirana, J. F. A., & Guntur, G. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Hg dan Cu Terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, dan Praktek dalam Bidang Pendidikan dan Ilmu Geografi*, 22(1), 1-9.
- Sembel, D. T. 2015. Toksikologi Lingkungan. Penerbit Andi.
- Setiawan, H. 2015. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7(1), 12-24.
- Setiawan, H. 2014. Pencemaran Logam Berat di Perairan Pesisir Kota Makassar dan Upaya Penanggulangannya. *Buletin Eboni*, 11(1), 1-13.
- Setyawati, Y. 1986. *Distribusi Jenis-Jenis Kerang (Bivalvia) di Pantai Muara Sungai Ciseukeut, Desa Mekar Sari Kecamatan Cigeulis, Panembang Jawa Barat*. Karya Ilmiah. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor.
- Sherly Ridhowati. 2013. Mengenal Pencemaran Ragam Logam, Yogyakarta: Graha Ilmu. Edisi Pertama.
- Silaban, B., G. Tarigan dan P. Siagian. 2014. Aplikasi Mann-Whitney Untuk Menentukan Ada Tidaknya Perbedaan Indeks Prestasi Mahasiswa Yang Berasal Dari Kota Medan Dengan Luar Kota Medan, *Saintia Matematika*. 2 (2): 173-187.

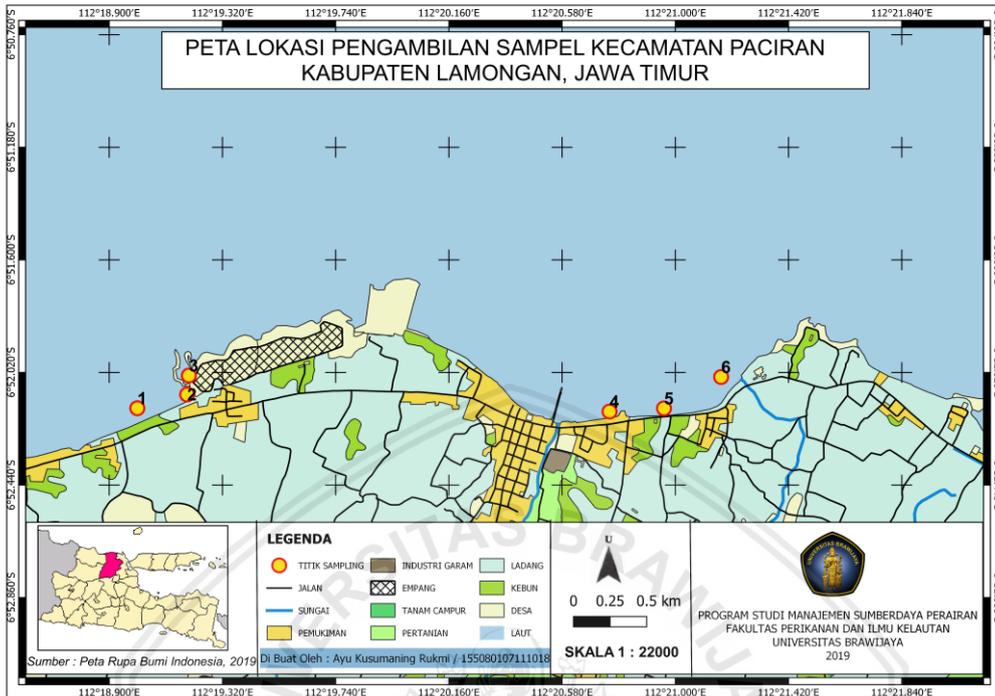
- Siregar., R. R.2017.Struktur Populasi Tiram Pasifik (*Crassostrea Gigas*, Thunberg 1793) Di Pabean Ilir, Indramayu. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Suhaidi. 2013. Kandungan Tembaga (Cu) pada Air Laut, Sedimen dan Kerang Kapak (*Pinna sp*) di Wilayah Jelengah, Sumbawa Barat.
- Sukiyanti, E. 1987. Kadar Merkuri Kerang Darah dari Teluk Jakarta dan Hubungannya dengan Kadar Merkuri Kerang Darah dari Tempat Pelelangan Ikan Muara Angke. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Indonesia. Jakarta.
- Surbakti. 2011. Analisis Logam Berat Kadmium (Cd), Cuprum (Cu), Kromium (Cr), Ferrum (Fe), Nikel (Ni), Zinkung (Zn) pada Sedimen Muara Sungai Asahan di Tanjung Balai dengan Metode Spektro-fotometri Serapan Atom (SSA). Thesis. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Susiati, H., Susilo, Y. S. B., & Menri, Y. 2008. Kandungan Logam Berat (Cu, Cr, Zn, Dan Fe) Pada Terumbu Karang Di Perairan Pulau Panjang, Jepara. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 10(1).
- Susantoro, T. M., Sunarjanto, D., & Andayani, A. 2015. Distribusi Logam Berat Pada Sedimen di Perairan Muara dan Laut Propinsi Jambi. *Jurnal Kelautan Nasional*, 10(1): 1-11.
- Syukri, M., & Ilham, M. 2016. Pengaruh Salinitas Terhadap Sintasan Dan Pertumbuhan Larva Udang Windu (*Penaeus Monodon*). *Jurnal Galung Tropika*, 5(2): 86-96.
- Winder JM. 2011. Oyster shell from archeological sites: a brief illustrated guide to basic processing. *Archaeomalacology*. 4:3-51.
- Wulandari, E., Herawati, E. Y., & Arfiati, D. 2013. Kandungan logam berat Pb pada air laut dan tiram *Saccostrea glomerata* sebagai bioindikator kualitas perairan Prigi, Trenggalek, Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*, 1(1), 10-14.
- Yanti, H., Muliani, M., & Khalil, M. 2017. Pengaruh salinitas yang berbeda terhadap tingkat pertumbuhan dan kelangsungan hidup tiram (*Crassostrea sp*). *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*, 4(2), 53-58.
- Zubayr, S. A. 2009. Analisis Status Pencemaran Logam Berat di Wilayah Pesisir (Studi Kasus Pembuangan Limbah Cair dan Tailing Padat/Slag Pertambangan Nikel Pomalaa).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Lokasi Penelitian

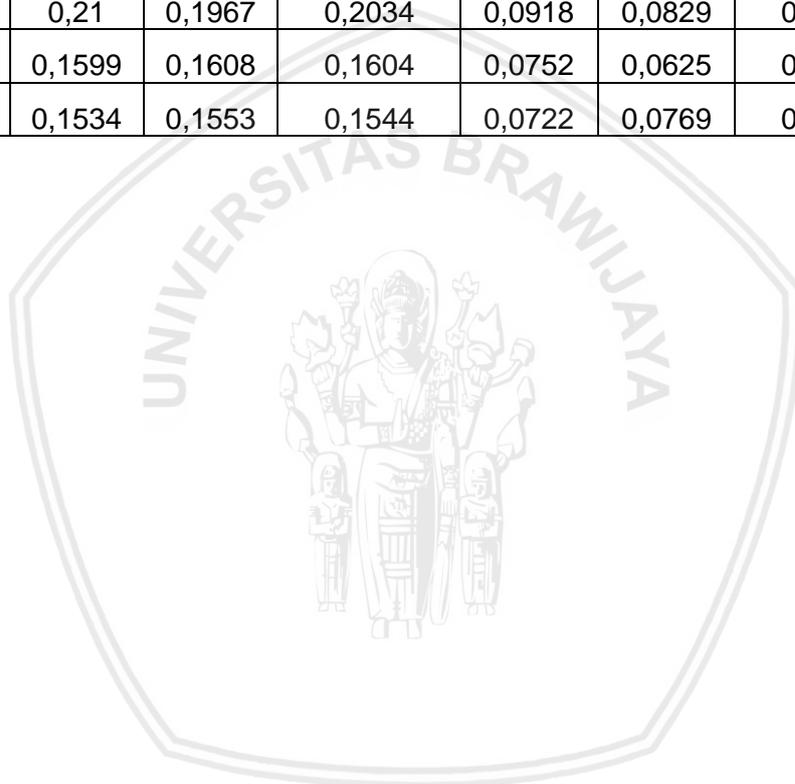


Lampiran 2. Peta Lokasi Titik Pengambilan Sampel



Lampiran 3. Konsentrasi Tembaga (Cu)

Stasiun	Konsentrasi Tembaga (Cu)					
	Air (ppm)		Rata-Rata	Keseluruhan Organ Tiram <i>C. cucullata</i> (ppm)		Rata-Rata
	Titik 1	Titik 2		Titik 1	Titik 2	
1	0,2099	0,2246	0,2173	0,0913	0,0943	0,0928
2	0,2183	0,1957	0,2070	0,0821	0,00843	0,0832
3	0,1786	0,1913	0,1850	0,0901	0,0881	0,0891
4	0,21	0,1967	0,2034	0,0918	0,0829	0,0874
5	0,1599	0,1608	0,1604	0,0752	0,0625	0,0689
6	0,1534	0,1553	0,1544	0,0722	0,0769	0,0746



Lampiran 4. Morfometrik Tiram *C. cucullata* pada Bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran

Stasiun	Tiram <i>C. cucullata</i>								
	Panjang (mm)		Rata-Rata	Berat Total (gr)		Rata-Rata	Berat Keseluruhan Organ (mg)		Rata-Rata
	Titik 1	Titik 2		Titik 1	Titik 2		Titik 1	Titik 2	
1	47,64	56,46	52,05	19,6	26,5	23,05	17,33	22,4	19,87
2	44,21	43,35	43,78	24,3	17,6	20,95	22,83	16,61	19,72
3	39,52	46,26	42,89	19,4	13,9	16,65	14,26	17,36	15,82
4	34,31	37,85	36,08	15,2	18,7	16,95	18,4	13,31	15,86
5	40,29	38,51	39,40	14,7	12,4	13,55	13,78	11,12	12,46
6	39,23	31,42	35,33	12,1	13,1	12,6	11,08	12,09	11,60



Lampiran 5. Data Kualitas Air di Pesisir Paciran Bulan Februari 2019

Stasiun	Kualitas Air														
	Suhu (°C)			Derajat Keasaman			Oksigen Terlarut (mg/L)			Salinitas (ppt)			Total Organic Matter (mg/L)		
	Titik 1	Titik 2	Rata-Rata	Titik 1	Titik 2	Rata-Rata	Titik 1	Titik 2	Rata-Rata	Titik 1	Titik 2	Rata-Rata	Titik 1	Titik 2	Rata-Rata
1	30,2	31	30,6	7,7	7,9	7,8	5,51	5,62	5,57	18	16	17	69,52	44,24	56,88
2	31,5	31	31,25	7,5	7,7	7,6	5,44	5,63	5,54	28	27	27,5	73,31	41,71	57,51
3	31	30	30,5	7,73	8,2	7,9	5,6	5,37	5,49	26	27	26,5	48,03	40,44	44,235
4	31,5	31,1	31,3	8,2	8,07	8,1	5,12	5,08	5,10	27	30	28,5	59,4	40,44	49,92
5	32	31,6	31,8	7,99	7,97	7,9	5,01	4,93	4,97	34	32	33	44,24	54,35	49,29
6	31,7	32,2	31,95	8,62	8,6	8,5	4,86	4,51	4,69	35	33	34	56,88	37,92	47,4



Lampiran 6. Dokumentasi

No.	Dokumentasi	Keterangan
1.		Peletakan transek
2.		Pengambilan tiram
3.		Pengukuran Suhu

4.		Pengukuran Oksigen terlarut
5.		Pengukuran Salinitas
6.		Pengukuran pH
7.		Pengukuran TOM

<p>8.</p>		<p>Penimbangan Daging Tiram <i>Crassostrea cuculata</i></p>
<p>9.</p>		<p>Sampel Daging</p>
<p>10.</p>		<p>Sampel Air</p>
<p>11.</p>		<p>Kepadatan Tiram</p>

12.



Pengukuran Panjang

Tiram

Crassostrea cucullata

