

**ANALISIS LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA KESELURUHAN ORGAN
TIRAM *Crassostrea cucullata* di PESISIR PACIRAN, KABUPATEN
LAMONGAN, JAWA TIMUR**

SKRIPSI

Oleh:

**YUSSANA DIVA SAVITRI
NIM. 155080101111021**



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

**ANALISIS LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA KESELURUHAN ORGAN
TIRAM *Crassostrea cucullata* 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:

**YUSSANA DIVA SAVITRI
NIM. 155080101111021**



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

SKRIPSI

**ANALISIS LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA KESELURUHAN ORGAN
TIRAM *Crassostrea cucullata* di PESISIR PACIRAN, KABUPATEN
LAMONG,**

Oleh:

**YUSSANA DIVA SAVITRI
NIM. 155080101111021**

telah dipertahankan didepan penguji
pada tanggal 16 Mei 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Mengetahui,
Ketua Jurusan
Manajemen Sumberdaya Perairan**

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing**



**(Dr. Ir. M. Firdaus, MP)
NIP. 19680919 200501 1 001
Tanggal: 18 JUN 2019**

**(Dr. Ir. Mulyanto, M.Si)
NIP. 19600317 198602 1 001
Tanggal: 18 JUN 2019**



IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : ANALISIS LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) PADA KESELURUHAN ORGAN TIRAM *Crassostrea cucullata* di PESISIR PACIRAN, KABUPATEN LAMONGAN, JAWA TIMUR

Nama Mahasiswa : Yussana Diva Savitri

NIM : 155080101111021

Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

PENGUJI PEMBIMBING:

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

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:

Dosen Penguji 1 : Dr.Ir. Umi Zakiyah, M. Si

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

Tanggal Ujian : 16 Mei 2019

PERNYATAAN ORISINILITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa 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 diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

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



Malang, Mei 2019

Mahasiswa

Tanda Tangan

YUSSANA DIVA SAVITRI

UCAPAN TERIMA KASIH

Tidak lupa saya sebagai penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Allah S.W.T yang telah memberikan berkat, karunia, kesehatan dan kelancaran
2. Orang Tua dan keluarga yang dengan tulus selalu memberikan dukungan dan do'a untuk menyelesaikan penelitian hingga penyusunan laporan.
3. Bapak Dr. Ir. Mulyanto, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dengan baik dalam penyusunan skripsi.
4. Teman-teman Rata's (Faisal, Rahmat, Makata, Fahmi, Ais, Kenny dan Vida) yang selalu memberikan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ditengah kesibukan penelitian.
5. Saddam yang selalu memberikan motivasi dan dukungan dalam mengerjakan laporan skripsi.
6. Teman suka duka Shely Paulina dan Laily Awalus Saumaniah yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi.
7. Teman sehari-hari Luthfia yang menemani dan membantu dan mengerjakan laporan skripsi.
8. Teman-teman SEB (Ayu, Nada, ully, Abbi, Iqbal, Andre, Wahyu, Tian, Nurul, Vira) yang selalu memberi dukungan dan motivasi dalam mengerjakan laporan skripsi.
9. Seluruh mahasiswa Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK UB angkatan 2015 yang selalu memberikan dukungan agar terselesainya skripsi ini.

RINGKASAN

YUSSANA DIVA SAVITRI. Skripsi tentang Analisis Logam Berat Timbal (Pb) Pada Keseluruhan Organ Tiram *Crassostrea Cucullata* di Pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur dibawah bimbingan **Dr. Ir. Mulyanto, M, Si**

Tiram *crassostrea cucullata* merupakan salah satu sumberdaya laut yang hidup menempel pada substrat keras di pantai dan bersifat menetap (sesil). *Crassostrea cucullata* merupakan kelompok moluska dari kelas Bivalvia, yang hidup di habitat laut atau air payau. Timbal merupakan racun yang kuat (baik jika dihirup atau ditelan), dapat memengaruhi hampir semua organ dan sistem dalam tubuh manusia maupun organisme. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui konsentrasi timbal pada keseluruhan organ tiram *Crassostrea cucullata* dan air yang terdapat di pesisir Paciran. Penelitian ini menggunakan metode survei yang dianalisis secara deskriptif. Pengambilan sampel dilakukan dengan memilih ukuran tiram yang hampir sama sebanyak 120 individu di ke 6 stasiun penelitian. Penentuan stasiun menggunakan teknik *purposive sampling*, dengan menggunakan transek kuadran ukuran 1x1 m². Sampel Keseluruhan Organ tiram *Crassostrea cucullata* dan air dari ke 6 stasiun dianalisis konsentrasi timbal menggunakan metode AAS tipe shimadzu AA6000 dan dilakukan pengamatan kualitas air yang terdiri dari suhu, derajat keasaman (pH), salinitas, oksigen terlarut dan *Total Organic Matter* (TOM). Analisis data menggunakan persamaan regresi linier sederhana dengan hasil persamaan $y = 0,404x + 0,0111$ dengan nilai R² sebesar 0,79. Konsentrasi timbal pada keseluruhan organ tiram *Crassostrea cucullata* pada ke 6 stasiun didapatkan nilai tertinggi pada stasiun 1 sebesar 0,0775 ppm dan terendah pada stasiun 6 sebesar 0,0546 ppm. Konsentrasi timbal pada air didapatkan nilai tertinggi pada stasiun 1 sebesar 0,1562 ppm dan terendah pada stasiun 6 sebesar 0,1025 ppm. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa konsentrasi timbal pada air dan keseluruhan organ tiram *Crassostrea cucullata* telah melebihi ambang batas baku mutu menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup tahun 2004 bahwa batas konsentrasi timbal pada air sebesar 0,005 ppm dan pada keseluruhan organ sebesar 0,008 ppm. Hasil uji regresi sederhana membuktikan semakin besar konsentrasi tiram pada air maka akan semakin besar pula penyerapan logam berat pada keseluruhan organ tiram. Tingginya konsentrasi timbal pada keseluruhan organ tiram *Crassostrea cucullata* pada penelitian ini, maka diperlukan adanya perencanaan, pengaturan dan pengawasan segala bentuk kegiatan yang membuang limbah ke perairan umum karena pada akhirnya juga akan sampai ke organisme di pesisir.

KATA PENGANTAR

Segala Puji Kehadirat Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya serta salam tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **Analisis Logam Berat Timbal (Pb) pada Keseluruhan Organ Tiram *Crassostrea Cucullata* di Pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur**, sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

Penelitian ini menganalisis logam berat timbal pada Keseluruhan Organ tiram *Crassostrea cucullata* di pesisir Paciran, dengan tujuan untuk mengetahui terdapat logam berat timbal dan masih sesuai baku mutu atau melewati batas yang ditentukan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi dari timbal pada Keseluruhan Organ dan air melebihi baku mutu Kepmen LH tahun 2004, yaitu air sebesar 0,005 ppm dan tubuh organisme sebesar 0,008 ppm. Konsentrasi yang ada dalam tubuh tiram masih aman untuk dikonsumsi oleh manusia yang memiliki berat badan rata-rata sebesar 60 kg sebanyak 19,4 – 27,5 kg/minggu. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penyusunan skripsi ini. Jika di dalam laporan baik tulisan maupun penjelasan yang kurang berkenan, mudah-mudahan laporan ini bermanfaat. Maka dari itu kritik dan saran yang membangun dari segala pihak sangat penulis harapkan untuk menyempurnakan skripsi ini.

Malang, Maret 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|------------|
| UCAPAN TERIMA KASIH..... | iv |
| RINGKASAN..... | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xi |
| 1. PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 4 |
| 1.3 Tujuan..... | 5 |
| 1.4 Kegunaan..... | 5 |
| 1.5 Tempat, Waktu/Jadwal Pelaksanaan | 6 |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Morfologi Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> | 7 |
| 2.2 Klasifikasi Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> | 8 |
| 2.3 Anatomi Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> | 9 |
| 2.4 Kebiasaan makan Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> | 10 |
| 2.5 Habitat Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> | 11 |
| 2.6 Siklus Hidup Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> | 12 |
| 2.7 Peran Ekologi Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> | 14 |
| 2.8 Peran Ekonomi Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> | 15 |
| 2.9 Logam Berat di Alam | 16 |
| 2.9.1 Timbal di Alam | 19 |
| 2.9.2 Timbal di Perairan | 20 |
| 2.9.3 Timbal di Tubuh Organisme | 22 |
| 2.10 Kualitas Air..... | 24 |
| 2.10.1 TOM (<i>Total Organic Matter</i>)..... | 24 |
| 2.10.2 Salinitas | 25 |
| 2.10.3 Suhu | 26 |
| 2.10.4 Derajat Keasamaan (pH) | 27 |
| 2.10.5 Oksigen Terlarut..... | 28 |
| 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN | 30 |
| 3.1 Materi Penelitian | 30 |
| 3.2 Metode Penelitian | 30 |
| 3.3 Alat dan Bahan Penelitian | 31 |



| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.4 | Prosedur Penelitian | 32 |
| 3.4.1 | Penentuan Stasiun..... | 32 |
| 3.4.2 | Pengambilan Sampel..... | 33 |
| 3.4.3 | Analisis Logam Berat Timbal pada Air..... | 34 |
| 3.4.4 | Pengukuran Logam Berat pada Keseluruhan Organ Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> | 34 |
| 3.5 | Analisis Kualitas Air | 35 |
| 3.5.1 | <i>Total Organic Matter</i> (TOM) (Hariyadi <i>et al.</i> , 1992) | 35 |
| 3.5.2 | Salinitas (Armita, 2011) | 36 |
| 3.5.3 | Suhu Perairan (°C) (Armita, 2011)..... | 37 |
| 3.5.4 | Derajat keasaman (pH) perairan (Armita, 2011) | 37 |
| 3.5.5 | Oksigen Terlarut (Hariyadi <i>et al.</i> , 1992)..... | 37 |
| 3.6 | Analisis Data | 37 |
| 3.6.1 | Analisis Regresi Linier Sederhana | 37 |
| 3.6.2 | Faktor Biokonsentrasi..... | 38 |
| 3.6.3 | Batas Aman Pangan Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> | 39 |
| 4. | HASIL DAN PEMBAHASAN | 41 |
| 4.1 | Gambaran Umum Lokasi Penelitian | 41 |
| 4.2 | Morfometrik Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> | 46 |
| 4.3 | Hasil Analisis Logam Berat..... | 48 |
| 4.3.1 | Konsentrasi Timbal di Air | 48 |
| 4.3.2 | Konsentrasi Timbal di Keseluruhan Organ Tiram <i>Crassostrea</i> <i>cucullata</i> | 49 |
| 4.4 | Hubungan Konsentrasi Timbal di Air Laut dengan Keseluruhan Organ Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> | 52 |
| 4.5 | Batas Aman Pangan Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> | 54 |
| 4.6 | Faktor Biokonsentrasi..... | 55 |
| 4.7 | Analisis Kualitas Air | 55 |
| 4.7.1 | TOM (<i>Total Organic Matter</i>)..... | 55 |
| 4.7.2 | Salinitas | 57 |
| 4.7.3 | Suhu | 58 |
| 4.7.4 | Derajat Keasamaan (pH) | 59 |
| 4.7.5 | Oksigen Terlarut | 61 |
| 5. | KESIMPULAN DAN SARAN..... | 64 |
| 5.1 | Kesimpulan | 64 |
| 5.2 | Saran..... | 64 |
| | DAFTAR PUSTAKA..... | 65 |
| | LAMPIRAN..... | 73 |



DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 1. Daftar Baku Mutu air laut Untuk Biota Laut dan Perairan Pelabuhan | 22 |
| 2. Alat dan Bahan | 31 |
| 3. Batas Aman Konsumsi Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> pada bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran..... | 54 |



DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 1. Cangkang Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> . (A). Sisi Luar Cangkang, <i>shell height</i> (Tinggi Cangkang); (B). Sisi dalam Cangkang, <i>Adductor Muscle Scar</i> (Lubang Otot Aduktor); (S). Garis Memanjang melalui Katup. Umbo (Bentuk Cangkang) (Arkhipkin <i>et al.</i> , 2014)..... | 7 |
| 2. Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> (Zipcodezoo, 2014)..... | 9 |
| 3. Siklus Hidup Oyster (Score, 2011)..... | 13 |
| 4. Stasiun 1..... | 43 |
| 5. Stasiun 2..... | 43 |
| 6. Stasiun 3..... | 43 |
| 7. Stasiun 4..... | 45 |
| 8. Stasiun 5..... | 45 |
| 9. Stasiun 6..... | 45 |
| 10. Konsentrasi Timbal di Air..... | 48 |
| 11. Konsentrasi Timbal pada Keseluruhan Organ <i>Crassostrea cucullata</i> | 49 |
| 12. Kurva Regresi Linier Hubungan Timbal di Keseluruhan Organ dengan Air di Pesisir Paciran, pada Bulan Februari 2019..... | 52 |
| 13. TOM (<i>Total Organic Matter</i>) Air di Pesisir Paciran pada Bulan Februari 2019..... | 56 |
| 14. Salinitas Air di Pesisir Paciran pada Bulan Februari 2019..... | 57 |
| 15. Suhu Air di Pesisir Paciran pada Bulan Februari 2019..... | 58 |
| 16. pH Air Pesisir Paciran pada Bulan Februari 2019..... | 60 |
| 17. Oksigen Terlarut Air di Pesisir Paciran pada Bulan Februari 2019..... | 62 |
| 18. Lokasi Penelitian pada Bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran..... | 73 |
| 19. Stasiun Penelitian pada Bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran..... | 74 |



DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|---|---------|
| 1. Peta Penelitian..... | 73 |
| 2. Stasiun Penelitian | 74 |
| 3. Morfometrik Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> pada Bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran | 75 |
| 4. Konsentrasi Timbal pada Bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran | 76 |
| 5. Data Kualitas Air di Pesisir Paciran pada Bulan Februari 2019 | 78 |
| 6. Dokumentasi Kegiatan pada Bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran..... | 78 |



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dimana dua per tiga luas wilayahnya merupakan wilayah perairan. Luas perairan yang dimiliki menjadikan sektor perikanan sangat berpotensi. Salah satu komoditas yang melimpah di perairan adalah jenis kerang-kerangan dan tiram. Produksi kerang dan tiram di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat. Data produksi kerang dan tiram tahun 2000 sampai tahun 2010 mengalami peningkatan hingga 5,18% tiap tahunnya (Kementerian kelautan dan perikanan, 2011). Tingkat pencemaran di beberapa kawasan pesisir dan laut pada saat ini telah berada pada kondisi yang sangat memprihatinkan. Sumber utama pencemaran pesisir dan laut biasanya berasal dari aktifitas manusia, yaitu: kegiatan industri, kegiatan rumah tangga dan kegiatan pertanian. Kerusakan fisik ekosistem wilayah pesisir dan laut umumnya terjadi pada ekosistem mangrove, terumbu karang dan padang lamun. Sektor perikanan bersama dengan kegiatan lainnya di pesisir, seperti pengiriman atau berlayar, kegiatan pelabuhan, lepas pantai pengeboran minyak, perikanan laut dan wisata bahari memberikan penghasilan ekonomi nasional. Namun masalah pencemaran perairan mengakibatkan terjadinya penurunan produksi perikanan sehingga berakibat pada sektor perekonomian nelayan yang terganggu.

Wilayah sekitar pesisir Kabupaten Lamongan mengalami pembangunan fisik seperti pengembangan kawasan pariwisata, kawasan industri dan pelabuhan. Pariwisata di Kabupaten Lamongan sangat berkembang seperti kawasan Wisata Bahari Lamongan (WBL) yang terletak di Kecamatan Paciran, yang letaknya tidak jauh dari Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Brondong. Adanya aktivitas industri, pelabuhan serta pariwisata tersebut dapat

mengakibatkan bertambahnya pencemaran logam berat (Andrew *et al.* 2014). Aktivitas tersebut menimbulkan dampak terhadap perairan dan kondisi lingkungan yang ada diwilayah pesisir, yang akan menyebabkan terganggunya kualitas perairan serta keberadaan organisme perairan (Satriadi, 2012).

Kegiatan manusia seperti industri, pariwisata dan pembakaran bahan bakar fosil telah mengakibatkan pencemaran di lingkungan, termasuk udara, air dan tanah. Salah satu limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri dan aktivitas manusia adalah logam berat. Logam berat merupakan komponen alami yang terdapat di kulit bumi, beberapa jenis logam berat merupakan unsur yang berbahaya karena tidak dapat didegradasi ataupun dihancurkan sehingga dapat terjadi bioakumulasi.

Salah satu jenis limbah yang dihasilkan dari aktivitas manusia yang ada di pesisir Paciran adalah timbal. Timbal tersebar di alam dalam jumlah yang sangat sedikit. Menurut Adhani dan Husaini (2017), timbal adalah logam berat yang tidak pernah ditemukan dalam bentuk murni tetapi selalu bergabung dengan logam lain. Timbal terdapat dalam 2 bentuk yaitu bentuk inorganik dan organik. Bentuk inorganik timbal dipakai dalam industri baterai, cat, kabel telepon, kabel listrik, dan mainan anak-anak. Bentuk organik timbal dipakai dalam industri perminyakan. Bentuk apapun logam timbal ini memiliki dampak toksisitas yang sama bagi makhluk hidup (Darmono, 2001). Logam ini bertitik lebur rendah mencapai 327,4 °C, dan titik didih mencapai 1.620°C, mudah dibentuk, sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan. Timbal merupakan racun yang kuat (baik jika dihirup atau ditelan), dapat memengaruhi hampir semua organ dan sistem dalam tubuh manusia maupun organisme. Menurut *National Institute for Occupational Safety and Health* di Amerika Serikat, timbal dengan konsentrasi 100 mg/m³ di udara memiliki status "berbahaya langsung" (kode bahasa Inggris "IDLH", *immediately dangerous to life and*

health). Apabila timbal terhirup, hampir semuanya akan diserap masuk ke peredaran darah. Faktor utama dalam sifat racun timbal adalah kecenderungannya mengganggu fungsi-fungsi enzim dengan cara mengikat gugus tiol dalam banyak enzim, maupun berkompetisi dengan unsur logam penting yang menjadi kofaktor dalam banyak reaksi enzimatik. Logam-logam yang sering disaingi oleh timbal adalah zat besi, seng, dan kalsium. Tubuh yang kekurangan zat besi dan kalsium cenderung lebih rentan keracunan timbal (Yudo, 2006).

Tiram merupakan salah satu sumberdaya laut yang sering ditemukan di Indonesia. Tiram tumbuh menempel pada substrat keras di pantai dan bersifat menetap (sesil). Berbagai macam spesies dari tiram telah banyak ditemui pada hampir semua pantai yang ada di Indonesia. Tiram merupakan kelompok moluska dari kelas Bivalvia, yang hidup di habitat laut atau air payau. Salah satu spesies tiram yang terdapat di perairan Indonesia adalah *Crassostrea cucullata*. Spesies tiram ini bernilai ekonomis tinggi. Tiram memiliki peranan yang sangat penting di ekosistem baik dilihat dari fungsi ekologis maupun fungsi ekonomisnya. Secara ekologis tiram dikategorikan sebagai biota penting penyusun ekosistem, karena sifatnya *filter feeder*, sehingga tiram ini mampu menyaring bahan-bahan organik yang ada di perairan, sedangkan fungsi ekonomisnya, tiram dapat dikonsumsi dan memiliki nilai jual yang cukup tinggi dan tiram dari Pabaen Ilir telah didistribusikan hingga ke wilayah Denpasar. Permintaan pasar yang semakin meningkat menyebabkan banyak warga yang beralih profesi menjadi nelayan dan pengepul tiram. *Crassostrea cucullata* mempunyai nilai ekonomis penting di Asia Pasifik dan telah dibudidayakan secara komersial di Thailand, Malaysia, Filipina, China, Singapura, Jepang dan Australia. Komposisi Keseluruhan Organiknya terdiri dari 10,60% protein, 2,10% lemak dan 85,80% air (Santoso, 2010).

Tiram *Crassostrea cucullata* pada pesisir Paciran biasanya dicari untuk dikonsumsi ataupun dijual lagi oleh masyarakat sekitar. Tiram *Crassostrea cucullata* dapat diperoleh melalui berbagai tempat dipesisir Paciran, yaitu dikawasan dekat TPI, pusat pariwisata, didekat perumahan warga, muara sungai. Lokasi ini dekat dengan pemukiman, jalan raya, serta aktivitas pelabuhan yang dapat menjadi sumber pencemaran sehingga tiram *Crassostrea cullata* berpotensi terkontaminasi oleh bahan pencemar yang mengandung logam berat termasuk timbal. Penelitian mengenai tiram *Crassostrea cucullata* sebelumnya telah dilakukan oleh Astuti *et al.* (2016), kandungan logam berat timbal yang diperoleh selama penelitian menunjukkan hasil bahwa nilai $< 0,0001$ mg/kg, artinya masih di bawah ambang baku mutu SNI No 7387 tahun 2009, tidak adanya kadar logam timbal pada tiram disebabkan habitat dan pengaruh pasang surut, sedangkan kandungan logam berat untuk air laut menunjukkan bahwa kadar timbal melebihi ambang baku mutu MenLH No 51 2004 yakni sebesar 0,05 mg/L. Melimpahnya tiram di pesisir Paciran yang lokasinya dekat dengan aktivitas manusia, pemukiman, jalan raya, pusat pariwisata, dan industri membuat peneliti ingin mengetahui tentang konsentrasi logam berat timbal pada keseluruhan organ tiram karena tiram jenis ini banyak dicari setiap harinya oleh masyarakat sekitar untuk dikonsumsi maupun dijual.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah ada perbedaan konsentrasi logam berat timbal pada keseluruhan organ tiram *Crassostrea cucullata* dan air yang terdapat di pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur ?

2. Bagaimana hubungan kandungan logam berat timbal pada air dengan logam berat timbal pada keseluruhan organ tiram *Crassostrea cucullata* di 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

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis konsentrasi logam berat timbal pada keseluruhan organ tiram *Crassostrea cucullata* dan air yang terdapat di pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur.
2. Menganalisis hubungan konsentrasi logam berat timbal pada air dengan konsentrasi logam berat timbal pada keseluruhan organ tiram *Crassostrea cucullata* di pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur.
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

Kegunaan dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai konsentrasi logam berat timbal pada keseluruhan organ tiram *Crassostrea cucullata* dan air, nilai faktor biokonsetrasi, dan nilai batas aman konsumsi untuk masyarakat yang berada di pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur.

1.5 Tempat, Waktu/Jadwal Pelaksanaan

Penelitian dilakukan di pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Pengujian konsentrasi logam berat pada keseluruhan organ tiram *Crassostrea cucullata* dilakukan di Laboratorium Halal Center, Universitas Islam, Malang. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2019. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1.

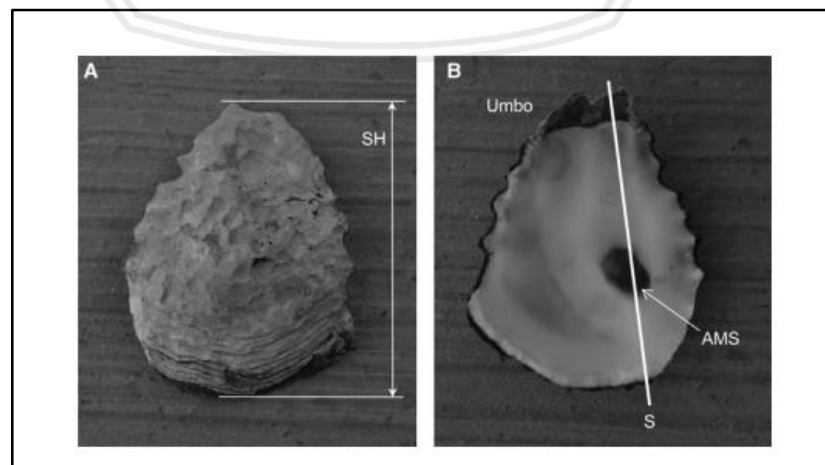


2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Morfologi Tiram *Crassostrea cucullata*

Tiram memiliki cangkang setangkup yang kasar dan tidak beraturan, menyukai perairan hangat dan terlindung serta permukaan landai dengan substrat lumpur, pasir atau kerikil dan batu. Tiram memiliki morfologi bentuk cangkang yang tidak beraturan, kulit tebal, dan tidak simetris. Spesies *Crassostrea sp.* hidup berkelompok dan saling menempel satu sama lain serta melekat pada akar mangrove. Ukuran maksimum tiram sebesar 4 cm, tetapi dapat mencapai 6-8 cm. (Octavina *et al.*, 2014).

Menurut Basri *et al.* (2017), hewan air jenis kerang-kerangan (*bivalva*) atau jenis binatang lunak (*molluska*), baik jenis *klam* (kerang besar) atau kerang kecil (*oyster*), pergerakannya sangat lambat di dalam air. Mereka biasanya hidup menetap di suatu lokasi tertentu di dasar air. Lapisan luar cangkang umumnya berwarna putih, berselaputkan suatu lapisan berwarna kecoklatan. Tiram merupakan jenis *bivalva*. Tiram mempunyai bentuk, tekstur, ukuran yang berbeda-beda. Keadaan tersebut yang mempengaruhi pertumbuhan tiram (Fisheries and Aquaculture Departement, 2008).



Gambar 1. Cangkang Tiram *Crassostrea cucullata*. (A). Sisi Luar Cangkang, *shell height* (Tinggi Cangkang); (B). Sisi dalam Cangkang, *Adductor*

Muscle Scar (Lubang Otot Aduktor); (S). Garis Memanjang melalui Katup. Umbo (Bentuk Cangkang) (Arkhipkin *et al.*, 2014).

Tiram memiliki bentuk kulit yang tidak teratur dan pertumbuhannya sangat dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik, faktor lingkungan. Faktor yang membedakan satu tiram spesies dari yang lain adalah cangkang. Namun, sulit untuk melakukannya membedakan bentuk cangkang karena kesamaannya. Berbagai tiram hidup di pesisir Aceh, seperti *Crassostrea cucullata* dan *Crassostrea iredalei*. Tiram merupakan spesies laut penghuni daerah intertidal dan luas didistribusikan ke seluruh wilayah tropis dan subtropis. (Ramadhaniaty *et al.*, 2018).

2.2 Klasifikasi Tiram *Crassostrea cucullata*

Tiram merupakan salah satu famili dari kelas bivalvia, filum moluska. Klasifikasi tiram menurut Born (1778) in www.marinespecies.org adalah sebagai berikut (Gambar 2) :

| | |
|---------|--------------------------------|
| Kingdom | : Animalia |
| Filum | : Moluska |
| Kelas | : Bivalvia |
| Ordo | : Ostreoida |
| Famili | : Ostreidae |
| Genus | : <i>Crassostrea</i> |
| Spesies | : <i>Crassostrea cucullata</i> |



Gambar 2. Tiram *Crassostrea cucullata* (Zipcodezoo, 2014).

2.3 Anatomi Tiram *Crassostrea cucullata*

Menurut Sitorus (2008), secara umum hewan kelas *Pelecypoda* (sekitar 20.000 jenis) mempunyai dua buah cangkang yang setangkup (disebut juga kelas bivalvia) dengan variasi pada bentuk maupun ukurannya. Hewan tidak berkepala dan tidak bermulut. Kaki berbentuk seperti kapak (*Pelecypoda*). Insang tipis dan berlapis-lapis (disebut juga kelas *lamellibranchiate*) terletak di antara mantel kedua cangkang dapat ditutup buka dengan cara mengencangkan dan mengendurkan otot-otot adukator dan retraktor. Mantel pada lobus kiri dan kanan memipih, sifon dua buah terdapat disisi posterior, insang umumnya berbentuk lempengan berjumlah satu atau dua pasang, kepala tidak ada, mulut dilengkapi *labial palp*, tanpa rahang atau radula. Beberapa jenis bersifat protandri, gonad terbuka ke dalam rongga mantel, larva berupa *veliger* atau *glocchidium*.

Cangkang biasanya simetris berjumlah dua buah yang dapat dibuka tutup oleh otot aduktor dan otot retraktor, pada bagian dorsal cangkang terdapat gerigi *hinge* yang berfungsi sebagai tumpuan ketika cangkang membuka dan menutup, *ligament hinge* jaringan yang menyambungkan cangkang kiri dan kanan, umbo sebagai pusat pertumbuhan cangkang (Herni, 2011).

Tiram bernapas dengan menggunakan insang yang terdapat dalam rongga mantelnya. Kerang dan tiram yang membenamkan diri dalam pasir atau

lumpur mempunyai tabung yang disebut sifon yang terdiri atas saluran untuk memasukkan air dan saluran lainnya untuk mengeluarkan. Makin dalam tiram membenamkan diri, makin panjang sifonnya. Kebanyakan tiram ini tumbuh menempel pada batu dan akar pohon mangrove. Kerang jenis ini memiliki karakteristik cangkangnya yang keras dengan bentuk tubuh yang tidak sama sisi dan bervariasi. Selain itu tiram juga dapat hidup berkoloni dan tubuhnya terhubung satu sama lain (Arfiati *et al.*, 2018).

2.4 Kebiasaan makan Tiram *Crassostrea cucullata*

Tiram *Crassostrea cucullata* dapat disebut organisme *filter feeder* karena kemampuannya dalam mendapatkan makanan dengan cara menyaring air yang ada disekitar tempat hidupnya. Makanan tiram dapat berupa bahan organik tersuspensi termasuk fitoplankton dan bakteri (Arfiati *et al.*, 2014). 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.

Air yang telah difilter dikeluarkan lewat bagian dorsal. Makanan dari air tadi dibawa ke labial palp oleh cilia dari insang, dari labial palp makanan masuk ke mulut. Dari mulut kemudian menuju perut yang dihubungkan oleh esophagus atau usus. Makanan kemudian dicerna dalam mulut dengan bantuan enzim pencernaan (Sukumar dan Joseph, 1988). Hasil pencernaan berupa energi yang digunakan oleh tiram *Crassostrea sp.* Sisa-sisa pencernaan yang tidak terpakai berupa bahan pseudofeces dibawa ke mucus dan dikeluarkan lewat anus. Ketika air melewati insang, oksigen diserap oleh jaringan insang dan diambil oleh darah yang tidak berwarna, dan mendistribusikannya lewat sistem

sirkulasi jaringan lain. Pada waktu yang sama karbon dioksida dilepaskan dari membran insang ke air.

2.5 Habitat Tiram *Crassostrea cucullata*

Tiram adalah spesies laut bentik yang menghuni daerah dekat pantai, perairan dangkal, teluk, dan muara yang tersebar luas di seluruh wilayah tropis dan subtropis (Klinbunga *et al.*, 2005). Tiram merupakan salah satu sumberdaya laut yang dapat dijumpai di Indonesia. Tiram tumbuh menempel pada substrat keras di pantai. Berbagai macam spesies dari tiram telah banyak ditemui pada hampir semua pantai yang ada di Indonesia. Tiram juga banyak ditemukan di daerah intertidal dan perairan dangkal. Daerah distribusi tiram meliputi perairan Indo-Pasifik mulai dari laut Merah dan Afrika Timur hingga Australia dan Jepang. Menurut Asriyanti (2012), tiram menempel pada akar mangrove. Spesies mangrove yang biasanya bersimbiosis dengan tiram adalah *Rhizopora sp.* Jenis mangrove *Rhizopora sp.* memiliki tipe akar tunjang. *Spat* merupakan media bagi tiram untuk melekat pada akar mangrove. Jika tiram telah menempel pada akar mangrove, maka sulit untuk dilepaskan dari akar mangrove. 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 10 kaki. *Crassostrea cucullata* biasanya hidup menempel pada pohon bakau, tiang kolongbagan, pancan beton pelabuhan atau pada batu batu di pantai. Tiram ini berukuran maksimum 4 cm.

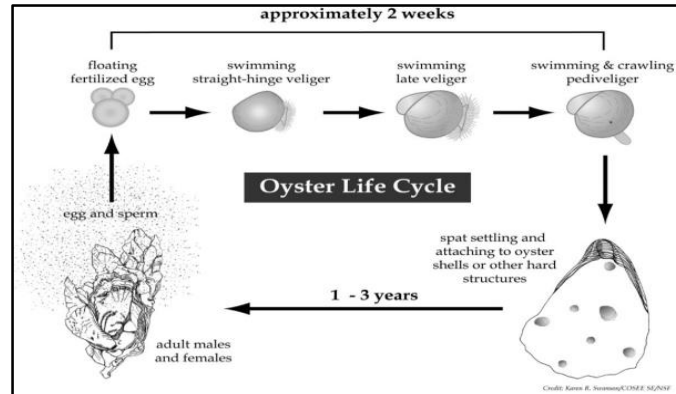
Tiram (*Crassostrea cucullata*) merupakan hewan yang ditemukan di lingkungan laut dan air payau yang hidupnya dengan cara menempelkan diri pada substrat seperti batu, akar dan batang mangrove, serta substrat keras lainnya. Tiram terdapat pada lahan mangrove yang hidupnya melekat pada

batang serta akar mangrove, dimana pada tanaman muda dapat mengganggu pertumbuhan tanaman mangrove (Basri *et al.*, 2017).

Tiram adalah jenis hewan sesil yang hanya dapat bergerak selama periode larva mereka dengan bantuan arus air dari habitat aslinya. Secara umum, tiram yang terlalu besar didistribusikan lebih luas dibandingkan dengan ukuran tiram yang kurang besar. Misalnya, *Crassostrea cucullata* dapat ditemukan di tropis indo-pasifik sedangkan *Crassostrea iredalei* hanya ditemukan di Laut Cina Selatan, Laut Andaman dan teluk Thailand. Genetik jarak populasi *C. iredalei* rendah mungkin karena tiram ini bukan biota asli Indonesia tetapi awalnya dari Filipina (Poutiers, 1998). *Crassostrea cucullata* memiliki jangkauan geografis yang sangat luas di mana larva berasal dari Indo-Pasifik dan menyebar ke Afrika Selatan, Kepulauan Melayu dan Australia Utara (Permana *et al.* 2006).

2.6 Siklus Hidup Tiram *Crassostrea cucullata*

Tingkat pertumbuhan tiram sangat bervariasi dan kuat tergantung pada parameter lingkungan seperti suhu, ketersediaan pangan, dan biotik. Di daerah Hong Kong, pertumbuhan tercepat *Crassostrea cucullata* diamati selama tahun pertama dengan lambatnya tingkat pertumbuhan dengan usia. Pertumbuhan bersifat musiman. Namun, *Crassostrea cucullata* dapat hidup hingga 26 tahun. Siklus hidup *Crassostrea cucullata* singkat biasanya akibat dari kondisi lingkungan yang keras dengan paparan suhu tinggi dan polusi di daerah dekat pantai (Arkhipkin *et al.*, 2014).



Gambar 3. Siklus Hidup Oyster (Score, 2011)

Tiram adalah hewan hermafrodit. Menurut Wang *et al.* (2004), tiram dilahirkan sebagai jantan sampai mereka dapat melepaskan spermanya, maka mereka akan berubah menjadi betina jika lingkungan kondisinya cocok. Selama menjadi fase jantan, tiram memfokuskan pertumbuhan mereka pada perpanjangan produksi cangkang dan sperma, sebelum tiram menjadi betina. Saat tiram jantan berubah menjadi betina, tiram akan memfokuskan pertumbuhannya menambah berat badan. Karena itu tiram betina cenderung lebih berat dari tiram jantan. Perubahan jenis kelamin dalam tiram sangat dipengaruhi oleh lingkungan. Jika kondisi lingkungan tidak kondusif, misalnya, krisis pangan atau ledakan populasi, makan tiram akan cenderung tetap jantan. Situasi ini dapat mengakibatkan penurunan populasi tiram yang akan sangat mengganggu baik fungsi ekologis dan ekonomi mereka.

Menurut Kordi (2009), tiram dapat berkembang biak dengan 2 cara yaitu perkembang biakan eksternal yang artinya pembuahan diluar tubuh induk dan perkembangbiakan internal pembuahan terjadi didalam tubuh induknya. Tiram betina yang matang gonad dapat melepaskan 14 juta-114 juta butir telur kedalam perairan. Telur telur yang sudah dibuahi terapung-apung dalam perairan dan dalam waktu beberapa jam berkembang menjadi larva kecil dan halus yang berenang bebas (larva *veliger*). Selama 2-3 minggu larva terbawa arus hingga menemukan substrat sebagai tempat pelekatan. Tiram memiliki waktu hanya 2

minggu untuk menjadi larva sebelum menjadi larva *pediveliger* yang memiliki kaki untuk mencari media yang cocok dan tumbuh menjadi tiram dewasa. Waktu perjalanan terbawa arus atau berenang bebas, larva berkembang dari trokopor (*trocophore*) sampai menjadi "*spat*" yang bersifat sesil, mengalami beberapa kali perubahan. Trokopor yang terjadi selama 9 jam 40 menit sejak pembuahan, akan berubah menjadi larva yang berbentuk "D", selama 1-2 minggu akan berubah menjadi umbo larva. Umbo larva ini kemudian akan berubah menjadi *spat* setelah menempel pada substrat. Tiram berkembang terus hingga terbentuk cangkang hingga dewasa, dengan ukuran 7-8 cm selama 6-8 bulan. Proses penempelan larva tiram ada lima tahapan yaitu: 1). Planktonik larva : pembuahan hingga umbo larva; 2). Tahap pencarian substrat: terjadi proses penempelan namun terkadang terjadi penundaan penempelan karena kondisi substrat yang dinilai kurang sesuai dengan kehidupannya. Dalam proses ini kegagalan dapat disebabkan karena adanya arus yang terlalu kuat ataupun kurang memenuhi syarat untuk mendukung kehidupan tiram setelah menetap; 3). Tahap *creeping period* : tahap penentuan posisi dalam substrat; 4). Tahap penempelan sebenarnya; 5). Tahap menetap.

2.7 Peran Ekologi Tiram *Crassostrea cucullata*

Menurut Salmanu (2017), pada daerah intertidal tiram memiliki peranan yang sangat penting, baik itu secara ekologis dan ekonomis. Secara ekologis tiram dikategorikan sebagai biota penting pembentuk ekosistem. Tiram merupakan salah satu kelompok hewan yang paling luas penyebarannya, yang dapat di temukan pada perairan pasang surut atau laut dangkal. Daerah intertidal Desa Haria memiliki ekosistem yang sangat mendukung kehidupan tiram yang ditemukan, hal ini disebabkan karena daerah intertidal Desa Haria terdiri dari komunitas penting seperti mangrove, lamun dan terumbu karang, ketiga

komunitas ini sangat menunjang kelangsungan hidup berbagai biota laut. Karena pada daerah tersebut, digunakan oleh biota laut untuk melakukan pemijahan, tempat berlindung dan mencari makan.

Bivalvia hidup menyebar di kawasan pesisir baik dikawasan berlumpur, muara, ataupun kawasan mangrove. Bivalvia menyebar dikawasan mangrove *Avicenia*, *Rhizophora*, *laguncularia*, *Conocarpus*. Salah satu kelas bivalvia yang banyak mendiami area pantai berkarang, muara sungai, dan estuaria di pesisir Paciran adalah *Crassostrea cucullata*. Hidup menempel secara berkelompok di batang mangrove maupun substrat berkarang. Apabila perairan pesisir mengalami pencemaran dan kawasan mangrove mengalami tekanan eksploitasi yang berlebihan maka akan mengganggu habitat dari tiram *Crassostrea cucullata*. Pemanfaatan tiram yang berlebih dapat diduga menyebabkan degradasi populasi dan perubahan ukuran tubuh pada tiram (Asriyanti, 2012).

Disamping terjadi penurunan populasi tiram akibat eksploitasi yang berlebihan, juga terjadi tekanan terhadap kondisi habitat alami dari tiram itu sendiri, dimana telah terjadi penurunan kualitas lingkungan pada perairan pesisir seperti kawasan mangrove, luasan mangrove yang semakin berkurang serta kecepatan sedimentasi yang cukup tinggi terutama pada areal dimana tiram tersebut hidup. Akibat terjadinya penurunan kualitas lingkungan juga berdampak pada pertumbuhan tiram yang akan semakin lambat (Natan, 2008).

2.8 Peran Ekonomi Tiram *Crassostrea cucullata*

Bivalvia mempunyai potensi sumberdaya penting di Indonesia karena pada kenyataannya hamper semua spesies bivalvia dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan manusia, meskipun hanya beberapa jenis bernilai ekonomis penting. Mereka adalah dari jenis kerang-kerangan dan tiram yaitu *Pinctada maxima*, *P. margaritifera*, *mytilus edulis*, *Crassostrea sp.* *Anadara sp.* dan *Perna*

sp. Beberapa dari jenis tersebut menghasilkan mutiara sedangkan yang lainnya merupakan sumber protein hewani yang sangat penting, terutama bagi penduduk yang mendiami daerah pesisir (Sudirman *et al.* 2013).

Menurut Nindyapuspa dan Ni'am (2017), tiram memiliki nilai ekonomis karena masyarakat sekitar Pantai Lorena, pesisir Paciran memanfaatkan tiram untuk dijual maupun dikonsumsi pribadi. Semakin meningkatnya permintaan tiram dan tidak sesuai dengan laju pertumbuhan tiram yang membutuhkan waktu lama, maka beberapa peneliti berinisiatif untuk mengembangkan tiram *Crassostrea cucullata* dijadikan sektor budidaya demi memenuhi kebutuhan permintaan pasar.

2.9 Logam Berat di Alam

Logam dikelompokkan menjadi logam berat dan logam ringan. Logam berat memiliki berat jenis lebih dari 5 g/cm^3 dan logam ringan memiliki bobot jenis kurang dari 5 g/cm^3 . Logam berat dapat dikelompokkan lagi ke dalam 3 golongan, yaitu (1) Hg, Cd, Pb, As, Cu, dan Zn yang termasuk dalam toksik tinggi, (2) Cr, Ni, dan Co yang termasuk dalam toksik menengah, dan (3) Mn dan Fe termasuk dalam toksik rendah. Laut merupakan tempat bermuaranya sungai, baik sungai besar maupun sungai kecil. Dengan demikian, laut akan menjadi tempat berkumpulnya zat-zat pencemar yang terbawa oleh aliran sungai. Dari sekian banyak limbah yang ada di laut, limbah logam berat merupakan limbah yang paling berbahaya karena menimbulkan efek racun bagi manusia. Pencemaran logam berat yang masuk ke lingkungan perairan sungai akan terlarut dalam air dan akan terakumulasi dalam sedimen dan dapat bertambah sejalan dengan berjalannya waktu, tergantung pada kondisi lingkungan perairan tersebut. Logam berat dapat berpindah dari lingkungan ke organisme, dan dari organisme satu ke organisme lain melalui rantai makanan (Setiawan, 2013); (Yalcin *et al.*, 2008).

Logam berat yang ada pada perairan suatu saat akan turun dan mengendap pada dasar perairan, membentuk sedimentasi dan hal ini akan menyebabkan biota laut yang mencari makan di dasar perairan (udang, kerang, kepiting) akan memiliki peluang yang sangat besar untuk terkontaminasi logam berat tersebut. Menurut Wolf *et al.* (2001), menunjukkan bahwa logam berat yang terakumulasi pada ekosistem mangrove mengalami bioakumulasi dalam jaringan hewan gastropoda yang berasosiasi dengan mangrove. Menurut Ma'ruf (2007), logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh biota laut melalui beberapa jalan, yaitu saluran pernafasan (insang), saluran pencernaan (usus, hati, ginjal), maupun penetrasi melalui kulit. Jika biota laut yang telah terkontaminasi tersebut dikonsumsi oleh manusia dalam jangka waktu tertentu akan sangat berpengaruh terhadap kesehatan manusia.

Logam berat merupakan logam toksik yang berbahaya bila masuk ke dalam tubuh melebihi ambang batasnya. Logam berat menjadi berbahaya disebabkan proses bioakumulasi. Bioakumulasi berarti peningkatan konsentrasi unsur kimia tersebut dalam tubuh makhluk hidup sesuai piramida makanan. Logam berat dapat terakumulasi melalui rantai makanan, semakin tinggi tingkatan rantai makanan yang ditempati oleh suatu organisme, akumulasi logam berat di dalam tubuhnya juga semakin bertambah. Dengan demikian manusia yang merupakan konsumen puncak, akan mengalami proses bioakumulasi logam berat yang besar di dalam tubuhnya (Hananingtyas, 2017); (Ashaf, 2006). Sumber pencemaran perairan pesisir berasal dari limbah industri, limbah cair pemukiman, limbah cair perkotaan, pelayaran, pertanian, dan perikanan budidaya. Bahan pencemar utama yang terkandung dalam buangan limbah tersebut berupa: sedimen, unsur hara, logam beracun, pestisida, organisme *pathogen*, sampah dan *oxygen depleting substances* (bahan-bahan yang menyebabkan oksigen yang terlarut dalam air laut berkurang) (Indirawati, 2017).

Logam berat digolongkan menjadi dua jenis yaitu logam berat esensial dan non esensial. Logam berat esensial adalah logam yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, dan Mn sedangkan logam berat non esensial yaitu logam yang keberadaannya dalam tubuh belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, dan As. Logam ini dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia tergantung pada bagaimana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, selain itu logam berat ini akan bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen atau karsinogen bagi manusia (Putra, 2006).

Logam berat banyak digunakan sebagai bahan baku maupun media penolong dalam berbagai jenis industri. Masuknya limbah ini ke perairan laut dapat mengurangi kualitas perairan dan menimbulkan pencemaran. Selain mengubah kualitas perairan, logam berat yang terendapkan bersama dengan sedimen juga dapat menyebabkan transfer bahan kimia beracun dari sedimen ke organisme (Pernamawati *et al.*, 2013).

Keberadaan ekosistem mangrove di kawasan perairan pesisir menjadi sangat penting karena vegetasi mangrove mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat dan membantu mengurangi tingkat konsentrasi bahan pencemar di air. Logam berat selain dapat terakumulasi dalam sedimen, juga dapat terakumulasi dalam struktur mangrove. Ekosistem mangrove juga memegang peranan penting sebagai polutan trap untuk berbagai unsur logam dan nutrien, baik yang berasal dari darat maupun laut. Monitoring pada organisme hidup atau dikenal dengan bioindikator, yaitu penggunaan jenis organisme tertentu yang dapat mengakumulasi bahan-bahan pencemar yang

ada sehingga mewakili keadaan di dalam lingkungan hidupnya (Rashed, 2007); (Parvaresh *et al.*, 2010).

Laut menjadi lokasi pembuangan akhir dari berbagai limbah, termasuk limbah yang mengandung timbal. Polutan yang masuk dapat masuk ke dalam air laut dan sedimen dan dapat membawa dampak yang luas mulai dari tingkat organisme sampai tingkat komunitas, bahkan meluas hingga ke tingkat ekosistem. Respon yang terjadi pada suatu ekosistem akuatik meliputi tahap-tahap yaitu biokonsentrasi, bioakumulasi, dan biomagnifikasi (Puspitasari, 2007). Biokonsentrasi merupakan kondisi adanya peningkatan konsentrasi polutan di lingkungan. Apabila suatu organisme mengalami paparan bahan toksik secara terus menerus, maka akan mengalami bioakumulasi. Sedangkan biomagnifikasi mengacu pada kecenderungan polutan untuk terkonsentrasi dan berpindah dari satu tingkat trofik ke tingkat berikutnya. Bila biomagnifikasi terus berlanjut, maka efeknya akan berdampak pada manusia sebagai konsumen tertinggi dalam jaring-jaring makanan.

2.9.1 Timbal di Alam

Timbal termasuk golongan unsur transisi (IVA) terletak pada periode keenam dengan nomor atom 82 dan bobot atom 207,19 g/mol. Timbal biasanya terdapat dalam bentuk senyawa-senyawa galena (PbS), anglesite (PbSO_4), minim (Pb_3O_4), dan cerrusite (PbCO_3). Timbal tidak pernah ditemukan dalam bentuk logam murninya. Timbal dapat berada di dalam perairan secara alamiah maupun dampak dari aktivitas manusia. Secara alamiah, timbal masuk ke perairan melalui pengkristalan timbal di udara dengan bantuan air hujan, hempasan gelombang, dan angin. Timbal banyak digunakan dalam industri baterai, pigmen, keramik, insektisida, bahan peledak, hasil pembakaran bensin yang mengandung bahan aditif tetraetil, dan pembangkit listrik tenaga panas (Palar, 2004).

Timbal tidak termasuk unsur yang esensial bahkan bersifat toksik untuk makhluk hidup karena dapat terakumulasi dalam tulang, gigi, dan rambut. Akumulasi dan daya racun timbal yang akut pada tubuh manusia akan mengakibatkan gangguan otak dan ginjal, sistem reproduksi, hati, sistem saraf sentral dan mengakibatkan sakit yang parah bahkan kematian serta kemunduran mental pada anak-anak yang sedang dalam masa pertumbuhan. Konsentrasi timbal sebesar 0,05 mg/l dapat menimbulkan bahaya pada lingkungan laut. Menurut Febrianti dan Azizah (2015), timbal atau timah hitam atau Plumbum (Pb) adalah salah satu bahan pencemar utama saat ini di lingkungan, hal ini bisa terjadi karena sumber utama pencemaran timbal adalah dari emisi gas buang kendaraan bermotor selain itu timbal juga terdapat dalam limbah cair industri yang pada proses produksinya menggunakan timbal, seperti industri pembuatan baterai, industri cat, dan industri keramik. Timbal digunakan sebagai aditif pada bahan bakar, khususnya bensin di mana bahan ini dapat memperbaiki mutu bakar. Bahan ini sebagai anti *knocking* (anti letup), pencegah korosi, anti oksidan, diaktifator logam, anti pengembunan dan zat pewarna. Menurut Purnawan (2012), menjelaskan pemaparan timbal merupakan hal yang sangat berbahaya. Timbal dapat berasal dari makanan, minuman, udara, lingkungan umum, dan lingkungan kerja yang tercemar timbal.

2.9.2 Timbal di Perairan

Menurut Undang-Undang No 27 Tahun 2007 tentang pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, wilayah pesisir didefinisikan sebagai daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut, sedangkan perairan pesisir adalah laut yang berbatasan dengan daratan meliputi perairan sejauh 12 mil laut diukur dari garis pantai. Perairan pesisir merupakan perairan yang mempunyai potensi tinggi terhadap adanya akumulasi logam berat karena berbatasan langsung dengan daratan dan

merupakan tempat bertemunya perairan dari darat melalui sungai dan perairan laut. Keberadaan perairan pesisir sebagai penampungan terakhir bagi sungai yang bermuara dan membawa limbah, baik yang berasal dari industri maupun rumah tangga, sangat membahayakan bagi masyarakat yang bertempat tinggal di sekitarnya, utamanya masyarakat yang mengkonsumsi hasil laut yang telah terkontaminasi logam berat. Salah satu jenis vegetasi yang mampu hidup dan berkembang dengan baik di kawasan pesisir adalah mangrove.

Timbal masuk keperairan melalui pengkristalan timbal di udara dengan bantuan air hujan, disamping itu proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin. Logam berat merupakan elemen yang tidak dapat terurai dan dapat terakumulasi melalui rantai makanan (bioakumulasi), dengan efek jangka panjang yang merugikan pada makhluk hidup. Daerah pelabuhan umumnya menjadi salah satu penyumbang bagi keberadaan timbal di air laut. Umumnya bahan bakar minyak mendapat zat tambahan *tetraethyl* yang mengandung timbal untuk meningkatkan mutu bahan bakar, khususnya bensin sebagai anti *knocking*, pencegah korosi, anti pengembunan dan zat pewarna. Logam berat timbal dapat digunakan sebagai zat tambahan bahan bakar dan pigmen timbal dalam cat yang merupakan penyebab utama peningkatan kadar timbal di lingkungan (Haryono *et al.*, 2017).

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 (Hutagatung, 1991). Berdasarkan keputusan Menteri Negara Kependudukan dan

Lingkungan Hidup (2004) syarat baku mutu air untuk biota laut dengan konsentrasi logam berat seperti pada tabel berikut :

Tabel 1. Daftar Baku Mutu air laut Untuk Biota Laut dan Perairan Pelabuhan

| No. | Logam Berat | Satuan | Baku Mutu (mg/L) | |
|-----|--------------------|--------|--------------------|------------|
| | | | Perairan Pelabuhan | Biota Laut |
| 1. | Raksa/Merkuri (Hg) | Mg/L | ≤ 0,003 | 0,001 |
| 2. | Timbal (Pb) | Mg/L | ≤ 0,05 | 0,008 |
| 3. | Tembaga (Cu) | Mg/L | ≤ 0,05 | 0,008 |
| 4. | Kadmium (Cd) | Mg/L | ≤ 0,01 | 0,001 |

Timbal termasuk dalam kelompok logam yang beracun dan berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup. Penggunaan timbal dalam skala yang besar dapat mengakibatkan polusi baik di daratan maupun perairan. Logam timbal umumnya dapat ditemukan pada berbagai kegiatan industri. Penggunaan yang cukup besar dapat ditemukan dalam industri aki sebagai bahan elektroda yang umumnya 93% terbuat dari timbal. Produksi logam juga pada umumnya mengandung timbal, seperti industri amunisi, kabel dan solder. Logam timbal juga digunakan dalam industri percetakan, cat dan pelapisan logam (Wicaksono *et al.*, 2016).

2.9.3 Timbal di Tubuh Organisme

Logam berat dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam jangka waktu lama sebagai racun. Logam tersebut dapat terdistribusi ke bagian tubuh manusia dan sebagian akan terakumulasikan melalui berbagai perantara salah satunya adalah melalui makanan yang terkontaminasi oleh logam berat. Jika keadaan ini berlangsung terus menerus dalam jangka waktu lama dapat mencapai jumlah yang membahayakan kesehatan manusia. Manusia dan hewan mengakumulasi logam berat dari air yang diminum, udara, tanah yang terkontaminasi logam berat. Timbal termasuk

logam berat '*trace metals*' karena mempunyai berat jenis lebih dari 5 (lima) kali berat jenis air. Timbal yang masuk kedalam tubuh melalui makanan akan mengendap pada jaringan tubuh, dan sisanya akan terbuang bersama bahan sisa metabolisme (Yulaipi dan Aunurohim, 2013).

Menurut Sembiring (2009), logam berat juga dapat menghambat laju pertumbuhan organisme. Toksisitas logam berat timbal dapat memberikan pengaruh terhadap laju pertumbuhan, semakin lama pemaparan timbal dan semakin tinggi konsentrasi timbal akan menurunkan laju pertumbuhan. Menurut Zainuri (2011), timbal dalam tubuh dengan konsentrasi yang tinggi akan menghambat aktivitas enzim. Penghambatan aktivitas enzim akan terjadi melalui pembentukan senyawa antara logam berat dengan gugus sulfhidril (S-H). Enzim – enzim yang memiliki gugus S-H merupakan kelompok enzim yang paling mudah terhalang kerjanya. Hal tersebut disebabkan karena gugus S-H mudah berikatan dengan ion – ion logam berat yang masuk ke dalam tubuh, akibat dari ikatan yang terbentuk antara gugus S-H dan logam berat, daya kerja yang dimiliki oleh enzim menjadi sangat berkurang atau sama sekali tidak bekerja. Keadaan seperti ini akan merusak sistem metabolisme tubuh. Timbal dalam aliran darah sebagian besar diserap dalam bentuk ikatan dengan eritrosit. Timbal dapat mengganggu enzim oksidase dan akibatnya menghambat sistem metabolisme sel. Energi yang dihasilkan dari metabolisme digunakan tubuh untuk aktivitas tubuhnya dan sisa dari energi tersebut akan digunakan untuk pertumbuhan. Jika metabolisme terganggu maka pertumbuhan juga akan terganggu. Menurut Mirawati *et.al* (2016), logam berat timbal yang diabsorpsi dari perairan ke badan organisme melewati sejumlah membran sel yang terdiri dari lapisan biomolekuler yang dibentuk oleh molekul lipid dengan molekul protein yang tersebar diseluruh membran. Setelah didalam sel logam akan membentuk ikatan kompleks dengan ligan. Logam berat dan berikatan dengan gugus sulfhidril, hidroksil, karboksil,

imidazole, dan amino dari protein, ion logam berat paling efektif berikatan dengan gugus sulfhidril (-SH). Mekanisme kerja reaksi dari logam terhadap protein, pada umumnya menyerang ikatan sulfide. Penyerangan ikatan sulfide yang selalu ada pada molekul protein menimbulkan kerusakan protein terkait, sehingga menyebabkan daya kerjanya berkurang atau bahkan sama sekali tidak bekerja, keadaan tersebut secara keseluruhan akan merusak metabolisme tubuh. Logam berat timbal akan terus terakumulasi dalam tubuh biota, sehingga apabila manusia mengonsumsi biota dari perairan yang tercemar akan menimbulkan berbagai penyakit seperti pusing, mual, dan kanker.

2.10 Kualitas Air

2.10.1 TOM (*Total Organic Matter*)

Keberadaan bahan organik di perairan memiliki manfaat utama yaitu sebagai sumber nutrisi bagi biota yang berada di perairan tersebut (Supriyantini *et al*, 2017). Bahan organik di perairan akan dirombak oleh bakteri pengurai menjadi senyawa amonia dan amonium yang akan mengalami proses nitrifikasi menjadi nitrit dan nitrat. Nitrat merupakan senyawa yang penting untuk sintesis protein biota, akan tetapi apabila konsentrasinya melebihi baku mutu akan menyebabkan eutrofikasi, sedangkan konsentrasi nitrit dan amonia bebas yang tak terionisasi yang melebihi baku mutu akan bersifat toksik bagi biota yang berada di perairan tersebut.

Hutan mangrove mempunyai produktivitas bahan organik yang sangat tinggi, namun hanya sekitar 5% dari total produksi daunnya yang dapat langsung dimakan oleh herbivora, sedangkan sisanya masuk ke dalam ekosistem dalam bentuk detritus. Kandungan bahan organik yang tinggi akan mempengaruhi tingkat keseimbangan perairan. Tingginya kandungan bahan organik akan mempengaruhi kelimpahan organisme, dimana terdapat organisme organisme

tertentu yang tahan terhadap tingginya kandungan bahan organik tersebut, sehingga dominansi oleh spesies tertentu dapat terjadi. *Crassostrea cucullata* merupakan deposit *feeder* yang memanfaatkan bahan organik yang mengendap di substrat dasar perairan sebagai makanannya. Ketersediaan bahan organik akan memberikan variasi kelimpahan terhadap organisme yang ada (Perdana *et al.* 2014).

Menurut Hadinafta (2009), kandungan bahan organik di perairan akan mengalami fluktuasi yang disebabkan bervariasinya jumlah masukan baik dari domestik, pertanian, industri maupun sumber lainnya. Kandungan bahan organik dalam perairan akan mengalami peningkatan yang disebabkan buangan dari rumah tangga, pertanian, industri, hujan, dan aliran air permukaan. Saat musim kemarau kandungan bahan organik akan meningkat sehingga akan meningkatkan pula kandungan unsur hara perairan dan sebaliknya pada musim hujan akan terjadi penurunan karena adanya proses pengenceran. Pada perairan mengalir, jumlah kandungan bahan organik penting diketahui untuk menentukan sumber dan peluruhan bahan organik tersebut, mengingat kondisi ekosistem perairan mengalir yang sangat dinamis. Bahan organik di perairan mengalir dapat bersumber dari lingkungan terestrial di sekitarnya dan akibat transportasi dari angin, air dan pengendapan langsung.

2.10.2 Salinitas

Salinitas didefinisikan sebagai berat dalam gram dari semua zat padat yang terlarut dalam 1 kg 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* (Arief, 1984). Salinitas merupakan faktor penting bagi penyebaran organisme perairan laut dan oksigen dapat merupakan faktor pembatas dalam

penentuan kehadiran makhluk hidup di dalam air. Sebaran salinitas dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain penguapan, curah hujan, aliran sungai dan pola sirkulasi air. Di perairan samudera, salinitas biasanya berkisar antara 34-35 ‰, sedangkan kisaran normal pada perairan pantai daerah tropis antara 28-32 ‰. (Patty, 2013).

Perubahan salinitas merupakan faktor lingkungan yang paling berpengaruh terhadap pemijahan bivalvia di daerah tropis. (Santoso, 2010). Perubahan salinitas akan menyebabkan masalah terhadap tekanan osmotik pada organisme yang mungkin akan menimbulkan kematian. Perubahan salinitas dapat terjadi akibat adanya pasang surut, aliran air dari daratan, penguapan maupun terjadinya hujan (Merly dan Elviana, 2017).

2.10.3 Suhu

Suhu merupakan parameter lingkungan yang paling sering diukur di laut karena berguna dalam mempelajari proses-proses fisik, kimiawi dan biologis yang terjadi di laut. Suhu termasuk faktor eksternal yang paling mudah untuk diteliti dan ditentukan. Aktivitas metabolisme serta penyebaran organisme air banyak dipengaruhi oleh suhu air. Pola distribusi horizontal suhu memperlihatkan bahwa suhu di perairan dekat pantai lebih tinggi dari pada di perairan yang jauh dari pantai. Hal ini karena perairan dekat pantai memiliki kedalaman yang dangkal sehingga energi matahari lebih efektif dalam meningkatkan suhu air laut. Selain itu, tingginya suhu di dekat pantai juga terjadi karena pengaruh dari pemanasan daratan (Maharani *et al.*, 2014).

Sebaran suhu air laut disuatu perairan dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain radiasi sinar matahari, letak geografis perairan, sirkulasi arus, kedalaman laut, angin dan musim. Perairan dekat pantai dengan laut lepas biasanya terdapat perbedaan nilai suhu. Kondisi ini disebabkan karena pergerakan massa air tawar dari aliran sungai-sungai yang dengan mudah

masuk ke perairan dekat pantai. Gerakan massa air ini yang dapat menimbulkan panas, akibat terjadi gesekan antara molekul air, sehingga suhu air laut di perairan dekat pantai lebih hangat dibanding dengan massa air di perairan lepas pantai. Menurut Nontji (2005), suhu air permukaan di perairan Indonesia pada umumnya berkisar antara 28-31°C. Pertumbuhan organisme juga dipengaruhi oleh keberadaan nilai suhu, yaitu berkisar antara 0-40°C, namun ada beberapa organisme yang mampu beradaptasi dengan suhu di atas atau di bawah batasan tersebut. Menurut Patty (2013), organisme laut mampu untuk bertahan hidup pada kisaran suhu perairan antara 25 – 32 °C.

Kenaikan suhu tidak hanya akan meningkatkan metabolisme biota perairan, namun juga dapat meningkatkan toksisitas logam berat di perairan. Faktor suhu juga mempengaruhi konsentrasi logam berat di kolom air dan sedimen, kenaikan suhu air yang lebih dingin akan memudahkan logam berat mengendap ke sedimen (Happy *et al.*, 2012).

2.10.4 Derajat Keasamaan (pH)

pH merupakan faktor pembatas bagi organisme yang hidup di suatu perairan. Anggraini *et al.* (2014), sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai kisaran pH sekitar 7 – 8,5. Menurut Schaduw (2018), perbedaan nilai pH pada masing-masing perairan sangat dipengaruhi oleh karakteristik oseanografi dan geomorfologi daerah tersebut. Perairan terbuka cenderung memiliki nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan perairan tertutup, pulau kecil memiliki nilai pH yang cenderung basa dan pulau besar dengan banyak aliran sungai cenderung menurunkan nilai pH menjadi asam.

Bivalvia membutuhkan pH air antara 6,5–8,5 untuk kelangsungan hidup dan reproduksi. Kisaran tersebut merupakan kisaran yang mampu menunjang dari kehidupan bivalvia, salah satunya adalah tiram. Kadar logam yang cukup

tinggi dapat dilihat dari nilai pH yang relatif bersifat basa ($\text{pH} = 7,9 - 8,2$). Apabila pH perairan basa, akan mempengaruhi dari kadar logam berat yang ada di perairan (Haryono *et al.*, 2017).

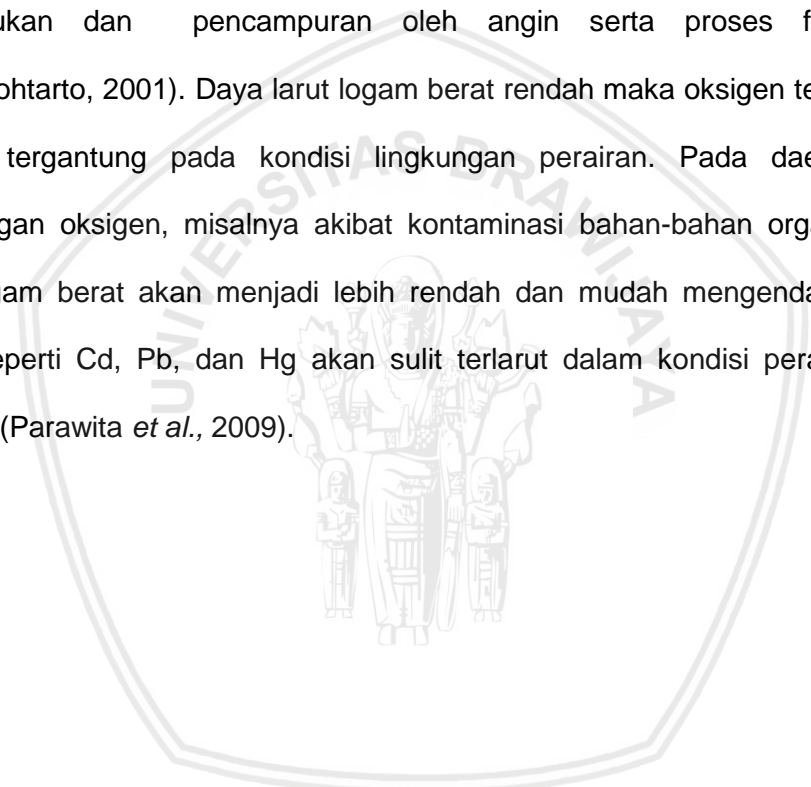
pH mempengaruhi konsentrasi logam. Kenaikan pH pada badan perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam. Perubahan dari tingkat stabil dari kelarutan tersebut biasanya terlihat dalam bentuk pergeseran persenyawaan. Umumnya pH yang semakin tinggi, kestabilan akan bergeser dari karbonat ke hidroksida. Penurunan pH dan salinitas perairan menyebabkan toksisitas logam berat semakin besar (Sarjono, 2009). Logam berat yang masuk ke sistem perairan, baik di sungai maupun lautan akan dipindahkan dari badan airnya melalui tiga proses yaitu pengendapan, adsorpsi, dan absorpsi oleh organisme-organisme perairan. Dalam lingkungan perairan, bentuk logam antara lain berupa ion-ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kelarutan logam berat timbal dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam berat timbal dalam air (Parawita *et al.*, 2009).

2.10.5 Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (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. Kelarutan logam berat sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen terlarut. Pada daerah dengan kandungan oksigen yang rendah, daya larutnya lebih rendah sehingga mudah mengendap. Logam berat seperti Zn, Cu, Cd, Pb, Hg, dan Ag akan sulit terlarut dalam kondisi perairan yang anoksik. Selain faktor yang mempengaruhi daya larut logam berat tersebut, kandungan logam berat pada suatu perairan

juga bisa dipengaruhi oleh faktor lainnya (Darmono, 1995). Indikator pencemaran berdasarkan kadar oksigen terlarut diklasifikasikan sebagai berikut: tidak tercemar (≥ 6.5 mg/l), tercemar sedang (4,5-6,5 mg/l) dan tercemar berat ($< 2,0$ mg/L) (Ardi, 2002).

Kadar oksigen terlarut dalam perairan di perlakukan oleh organisme untuk pernafasan dan oksidasi bahan organik. Tersedianya oksigen terlarut di estuaria disebabkan masuknya air tawar dan air laut secara teratur, dangkalnya perairan, pengadukan dan pencampuran oleh angin serta proses fotosintesis (Romimohtarto, 2001). Daya larut logam berat rendah maka oksigen terlarut juga rendah tergantung pada kondisi lingkungan perairan. Pada daerah yang kekurangan oksigen, misalnya akibat kontaminasi bahan-bahan organik, daya larut logam berat akan menjadi lebih rendah dan mudah mengendap. Logam berat seperti Cd, Pb, dan Hg akan sulit terlarut dalam kondisi perairan yang anoksik (Parawita *et al.*, 2009).



3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Keseluruhan Organ tiram *Crassostrea cucullata* dan pengamatan kualitas air yang meliputi parameter fisika (suhu), kimia (salinitas, pH, DO dan TOM) yang diambil di lokasi penelitian di pesisir Paciran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode survei, yaitu metode penelitian yang tidak melakukan perubahan (tidak ada perlakuan khusus) terhadap variabel yang akan diteliti dengan tujuan untuk memperoleh serta mencari keterangan secara faktual tentang objek yang diteliti (Nazir, 2014). Sumber data dalam penelitian ini merupakan data hasil pengukuran parameter fisika kimia perairan di lapangan dan di laboratorium serta data hasil olahan berupa nilai dan analisis regresi sederhana. Data yang diperoleh tersebut ditabulasikan untuk selanjutnya dibahas secara deskriptif. Menurut Ahmadi (2016), penelitian deskriptif merupakan prosedur penelitian yang menghasilkan data, ucapan atau tulisan atau perilaku yang dapat diamati dari subjek yang diteliti. Metode ini langsung menunjukkan latar dan individu – individu secara keseluruhan, subjek penelitian, baik berupa populasi maupun individu, tidak di persempit menjadi variable yang terpisah atau menjadi hipotesis, tetapi di pandang menjadi bagian dari suatu keseluruhan. Metode ini dapat memberikan informasi berupa gambaran secara sistematis fakta dan karakteristik objek yang diteliti secara tepat.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 2. Alat dan Bahan

| NO. | Parameter | Alat dan Bahan |
|-----|--------------------------------------|---|
| 1. | Pengambilan Sampel Tiram | - Alat : Battle, palu, coll box, kamera - Bahan : Kertas label dan tisu |
| 2. | Pengukuran Suhu | - Alat : Thermometer Hg, stopwatch, washing bottle - Bahan : Tali, tisu, aquades |
| 3. | Pengukuran pH | - Alat : pH meter, stopwatch, washing bottle - Bahan : aquades, tisu |
| 4. | Pengukuran Salinitas | - Alat : Salinometer , washing bottle - Bahan : tisu dan aquades |
| 5. | Pengukuran Oksigen Terlarut (DO) | - Alat : DO meter - Bahan : Tisu dan aquades |
| 6. | Pengukuran Total Organik Mater (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 |

| NO. | Parameter | Alat dan Bahan |
|-----|------------------------|---|
| 7. | Pengukuran Logam Berat | <ul style="list-style-type: none"> - Alat : Lampu elektroda Pb, timbangan Sartorius, oven, hot plate, beaker glass, labu ukur, AAS - Bahan : <i>Crassostrea cucullata</i> (HNO₃:HCL) 1:1 sebanyak ± 10-15 ml, kertas saring, larutan standart, aquades |

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penentuan Stasiun

Lokasi pengambilan sampel tiram *Crassostrea cucullata* dilakukan di 6 stasiun yang berbeda, dengan menggunakan teknik *purposive sampling*. Adapun 6 stasiun yang ditentukan, yaitu :

- 1) Stasiun 1 : Berada di dekat pabrik pengalengan ikan, perbaikan kapal, penggalangan kapal
- 2) Stasiun 2 : Kawasan pantai dekat mangrove api-api (*Avicennia officinalis*), sumber limbah masyarakat dan tempat pembuangan sampah
- 3) Stasiun 3 : Wilayah dekat pertambakan udang, dan pemberhentian kapal nelayan kecil
- 4) Stasiun 4 : Kawasan mangrove tanjang (*Rhizophora apiculata*), tumbuh alami, dan limbah rumah tangga
- 5) Stasiun 5 : Kawasan dekat jalan raya Paciran, sumber buangan limbah masyarakat
- 6) Stasiun 6 : Pantai Lorena

Pengambilan sampel tiram terdiri dari 6 stasiun, dengan 12 titik sampling. Sampel tiram diambil di bebatuan yang ada dipantai tersebut. Jarak pengambilan sampel tiram dari pantai ke arah laut di jarak ± 20 meter karena keberadaan tiram pada lokasi tersebut banyak untuk pemenuhan kebutuhan penelitian.

3.4.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tiram dilakukan pada saat surut di setiap stasiun. Penentuan transek dilakukan secara tegak lurus ke arah laut dengan menggunakan transek yang berukuran $1 \times 1 \text{ m}^2$. Hal tersebut dilakukan dengan pertimbangan batas aktivitas yang ada di sekitar lokasi masih memberikan pengaruh terhadap perairan.

Pengambilan tiram *Crassostrea cucullata*, pada stasiun 1 diambil di substrat karang berbatu yang licin. Stasiun 2 diambil di substrat karang berbatu sedikit berlumpur. Stasiun 3 diambil di substrat karang berbatu dan terdapat kerikil kecil. Stasiun 4 diambil di substrat karang. Stasiun 5 diambil di substrat karang berbatu licin dan tajam. Stasiun 6 diambil di substrat karang berbatu sedikit licin. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tuan (2000), bahwa hasil penelitiannya di Go Cong Dong, Tien Giang, Vietnam, kerang yang memiliki kepadatan 7-16 ind/m² tergolong rendah, 16-50 ind/m² tergolong sedang dan kepadatan 51-100 ind/m² tergolong tinggi. Pengambilan sampel menggunakan palu dan *battle* dalam keadaan utuh, cangkang tiram tidak terbuka yang kemudian tiram dimasukkan ke dalam *cool box* dan diberikan air laut asli sampai setengah bagian dari tubuh tiram tersebut terendam. Sampel yang sudah diambil dari ke 6 lokasi, kemudian dibawa ke laboratorium, perjalanan yang ditempuh dari tempat pengambilan sampel menuju laboratorium sekitar dua jam tiga puluh menit. Perlakuan di laboratorium tiram diukur panjang cangkang dan berat tiram, kemudian Keseluruhan Organ tiram diambil dari cangkang tiram dan

Keseluruhan Organ dimasukkan kedalam plastik klip, kemudian dimasukkan kedalam *cool box* yang sudah berisi es, setelah itu sampel diantar ke laboratorium untuk dianalisa.

3.4.3 Analisis Logam Berat Timbal pada Air

Pengukuran logam berat sampel air dilakukan dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) tipe Shimadzu AA6000 di Laboratorium Halal Center, Universitas Islam Malang. Pengukuran sampel (dalam bentuk cairan) dilakukan dengan menggunakan lampu katoda, metode yang biasa digunakan dilaboratorium tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Mengambil air sampel dengan pipet volume (25 ml), kemudian dimasukkan erlenmeyer (50 ml).
- 2) Menambahkan aquaregia sebanyak 2,5 ml kemudian dipanaskan diatas hot plate sampai kering lalu didinginkan.
- 3) Menambahkan HNO_3 2,5 N sebanyak 2,5 ml kemudian dipanaskan hingga mendidih lalu didinginkan.
- 4) Menyaring sampel yang sudah didinginkan sebanyak 5 ml ke labu ukur dan ditambahkan aquades sampai tanda batas kemudian dikocok sampai homogen.
- 5) Mengukur sampel menggunakan metode AAS dengan memakai lampu katode yang sesuai dengan logam yang akan diuji dan mencatat absorbansinya.

3.4.4 Pengukuran Logam Berat pada Keseluruhan Organ Tiram *Crassostrea cucullata*

Sampel Keseluruhan Organ tiram dilakukan pengukuran logam berat dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) tipe Shimadzu AA6000 di Laboratorium Halal Center, Universitas Islam Malang.

Pengukuran sampel dilakukan dengan menggunakan lampu katoda, metode yang biasa digunakan dilaboratorium tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Menimbang 2 gr sampel kering yang kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselen.
- 2) Memasukkan ke dalam tanur dan dipanaskan pada suhu ± 700 °C selama ± 2 jam hingga menjadi abu.
- 3) Mendinginkan dan menambahkan 5 ml larutan aquaregia (HCl, HNO₃), setelah itu memanaskan diatas kompor listrik sampai kering dan mendinginkan kembali.
- 4) Menambahkan larutan HNO₃ encer (2,5 N) sebanyak 10 ml dan memanaskan kembali di atas kompor listrik perlahan – lahan ± 5 menit sambil dengan pengaduk kaca.
- 5) Menyaring ke labu 100 ml dan menambahkan aquades hingga tanda batas, kemudian mengocok sampai homogen.
- 6) Membaca sampel menggunakan metode AAS memakai lampu katoda yang sesuai dengan logam yang akan diuji dan mencatat absorbansinya. (misalnya: jika ingin menentukan kadar logam timbal maka menggunakan lampu timbal, begitu juga dengan logam berat lainnya menggunakan lampu yang berbeda).

3.5 Analisis Kualitas Air

3.5.1 *Total Organic Matter (TOM)* (Hariyadi *et al.*, 1992)

- 1) Memasukkan air sampel sebanyak 50 ml kedalam erlenmeyer
- 2) Menambahkan KMnO₄ sebanyak 9,5 ml
- 3) Menambahkan H₂SO₄ (1:4) sebanyak 10 ml dan dihomogenkan
- 4) Memanaskan sampel menggunakan *hot plate* sampai suhu 70-80 °C lalu diangkat dan ditunggu hingga suhu turun menjadi 60-70 °C.

- 5) Menambahkan Na-oxalat 0,01 perlahan sampai tidak berwarna pertama kali
- 6) Mentitrasi sampel dengan KMnO_4 0,01 N sampai terbentuk warna merah muda pertama kali dan dicatat sebagai ml titran (x ml)
- 7) Melakukan prosedur diatas untuk sampel aquades dan dicatat titran yang digunakan (y ml)
- 8) Menghitung kadar bahan organik total (TOM) dengan rumus:

$$\text{Bahan Organik Total (mg/l)} = \frac{(x - y) \times 31,6 \times 0,01 \times 1000}{\text{ml air sampel}}$$

Dimana:

- 1) x = ml titran untuk air sampel
- 2) y = ml titran untuk aquades
- 3) 31,6 = 1/5 dari BM KMnO_4 (1 mol KMnO_4 melepas 5 oksigen dalam reaksi)
- 4) 0,01 = Molaritas KMnO_4
- 5) 1000 = Konversi dar ml ke liter

3.5.2 Salinitas (Armita, 2011)

- 1) Mengambil air sampel secukupnya, lalu ditetaskan pada kaca refraktometer
- 2) Mengamati melalui lensa belakang
- 3) Melihat nilai salinitas pada alat tersebut
- 4) Mencatat hasil sebagai nilai salinitas

3.5.3 Suhu Perairan (°C) (Armita, 2011)

- 1) Memasukan termometer sampai 3/4 bagian kedalam air.
- 2) Menunggu termometer didiamkan beberapa menit sampai dapat dipastikan tanda penunjuk skala berada dalam kondisi tidak bergerak
- 3) Menentukan nilai suhu yang ditunjukkan pada termometer
- 4) Mencatat hasil sebagai nilai suhu

3.5.4 Derajat keasaman (pH) perairan (Armita, 2011)

- 1) Memasukan elektroda ke dalam larutan penyangga dengan pH 7
- 2) Mengeringkan dengan kertas tisu selanjutnya bilas elektroda dengan air suling.
- 3) Mengeringkan elektroda dengan tisu.
- 4) Mencelupkan elektroda kedalam contoh uji sampel pH menunjukkan pembacaan yang tetap.
- 5) Mencatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

3.5.5 Oksigen Terlarut (Hariyadi *et al.*, 1992)

- 1) Menyiapkan DO meter dan lakukan kalibrasi DO meter
- 2) Mencelupkan batang probe DO meter ke dalam air sampel di dalam ember
- 3) Menekan tombol ON dan ditunggu angka yang tertera pada layar stabil
- 4) Menekantombol HOLD ketika angka sudah stabil
- 5) Mencatat angka yang tertera pada layar DO meter

3.6 Analisis Data

3.6.1 Analisis Regresi Linier Sederhana

Perbandingan kadar timbal 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 timbal pada air dan Keseluruhan Organ tiram merupakan persamaan kurva linear yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Y' = a + bX$$

Keterangan :

- 1) Y' : Kandungan logam berat timbal pada tubuh tiram (*Crassostrea cucullata*)
- 2) X : Kandungan logam berat timbal 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 Sugiono (2009), 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

3.6.2 Faktor Biokonsentrasi

Biokonsentrasi adalah bagian dari proses bioakumulasi. Biokonsentrasi didefinisikan sebagai pengambilan dan penyerapan polutan pada organisme hanya dari air laut. Pengambilan dan penyerapan polutan dari sumber lain tidak

diperhitungkan dalam proses ini. Polutan masuk ke dalam perairan, akan mengalami interaksi dengan sedimen dan partikel-partikel yang tersuspensi 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 ke dalam 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)

3.6.3 Batas Aman Pangan Tiram *Crassostrea cucullata*

Batas maksimum konsentrasi dari bahan pangan yang terkontaminasi logam berat per minggu (*Maximum Weekly Intake*) menggunakan angka ambang batas yang diterbitkan oleh organisasi dan lembaga pangan internasional *World Health Organization (WHO)* dan *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive (JEFCA)*. Perhitungan *maximum weekly intake* menggunakan rumus:

$$MWI (g) = \text{Berat badan}(a) \times PTWI(b)$$

Keterangan:

- 1) Untuk asumsi berat badan 60 kg

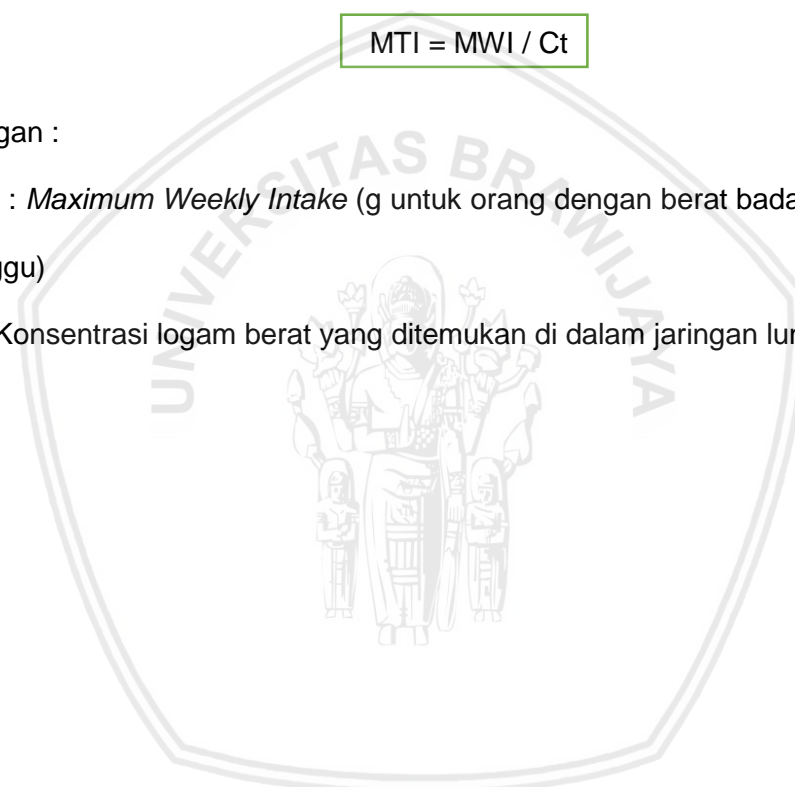
- 2) PTWI: *Provisional Tolerable Weekly Intake* (angka toleransi batas maksimum perminggu) untuk timbal $25 \mu\text{g.kg}^{-1}$ (FAO/WHO,2004) setara dengan 0,025 mg/kg.

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):

$$\text{MTI} = \text{MWI} / \text{Ct}$$

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

Gambaran lokasi penelitian secara geografis terletak pada $6^{\circ} 51' 54''$ BT - $7^{\circ} 23' 6''$ BT dan $112^{\circ} 4' 41''$ LS - $112^{\circ} 33' 12''$ LS. Lokasi penelitian memiliki luas wilayah kurang lebih $1.812,80 \text{ km}^2$ dengan panjang garis pantai sepanjang 47 km. Batas wilayah administratif lokasi penelitian 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 memiliki luas area panjang pantai $\pm 14,6 \text{ km}$ 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. Wilayah pesisir Desa Paciran adalah salah satu Desa pesisir yang terletak di Kecamatan Paciran Kabupaten Lamongan. Desa Paciran terdiri dari 3 Dusun, yaitu Dusun Penanjan, Dusun Jetak, dan Dusun Paciran. Dari ketiga Dusun, hanya Dusun Penanjan yang masyarakatnya sebagian besar bekerja sebagai petani. Kehidupan masyarakat di Desa Paciran tidak bisa dipisahkan dengan letak keberadaan desanya yang bersebelahan langsung dengan laut Jawa, membuat masyarakat Desa Paciran khususnya di Dusun Jetak dan Dusun Paciran kebanyakan bekerja sebagai nelayan. Walaupun sektor pariwisata dan sektor industri sudah mulai masuk di Desa Paciran, namun hal tersebut tidak membuat jumlah nelayan di Desa Paciran berkurang. Selain sebagai petani dan nelayan, sebagian masyarakat Desa Paciran juga mencari tiram yang menempel di karang setiap hari.

1) Deskripsi Stasiun 1

Stasiun 1 terletak di Desa Kandangsemangkon pada titik koordinat $112^{\circ}19'10.87''\text{BT}$ - $6^{\circ}52'10.26''\text{BT}$. Disisi kiri terdapat pabrik pengalengan ikan dan disisi kanan ada pabrik perbaikan kapal. Ditepi pantai juga terdapat aliran buangan limbah dari pabrik maupun pemukiman warga setempat. Stasiun 1 memiliki substrat karang berbatu dan sedikit licin sehingga dapat dijumpai tiram *Crassostrea cucullata* dengan jumlah sebanyak 44 ind. Stasiun 1 dapat dilihat pada Gambar 4.

Stasiun 2 terletak di Desa Kandangsemangkon pada titik koordinat $112^{\circ}19'10.57''\text{BT}$ - $6^{\circ}52'5.43''\text{BT}$, dan di sekitar pesisir terdapat mangrove yang tumbuh secara alami jenis api-api (*Avicennia officinalis*), dekat dengan pembuangan sampah, di lingkungan pelabuhan nelayan kecil. Stasiun 2 memiliki substrat karang berbatu dan sedikit licin serta berlumpur, sehingga dapat dijumpai tiram *Crassostrea cucullata* dengan jumlah 58 ind. Jarak stasiun 1 dengan stasiun 2 sekitar 600 m. Stasiun 2 dapat dilihat pada Gambar 5.

Stasiun 3 terletak di Desa Kandangsemangkon pada titik koordinat $112^{\circ}19'10.46''\text{BT}$ - $6^{\circ}52'1.33''\text{BT}$, dekat wilayah pertambakan udang, dan tempat pendaratan kapal nelayan. Stasiun 3 memiliki substrat karang berbatu dan sedikit licin, dan ada batu kerikil kecil-kecil, sehingga dapat dijumpai tiram *Crassostrea cucullata* dengan jumlah 51 ind. Jarak stasiun 3 dengan stasiun 2 sekitar 300 m yang terpisahkan jalan menuju tempat bagasi penyimpanan barang para nelayan. Lokasi pengambilan sampel 3 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 4. Stasiun 1



Gambar 5. Stasiun 2



Gambar 6. Stasiun 3

Stasiun 4 terletak di Desa Paciran pada titik koordinat $112^{\circ}20'50.42''\text{BT}$ - $6^{\circ}52'9.61''\text{BT}$ dan terdapat pohon mangrove jenis Tanjung (*Rhizophora apiculata*). Sekitar pemukiman warga dan pohon mangrove terdapat beberapa rumah warga yang membuang limbah langsung ke laut baik limbah organik maupun limbah anorganik. Stasiun 4 dengan substrat karang berbatu dan sedikit licin sehingga dapat dijumpai tiram *Crassostrea cucullata* dengan jumlah 31 ind. Jarak stasiun 3 dengan stasiun 4 sejauh $\pm 1,5$ km.. Stasiun 4 dapat dilihat pada Gambar 7.

Lokasi pengambilan sampel 5 terletak pada titik koordinat $112^{\circ}21'1.83''\text{BT}$ - $6^{\circ}52'9.58''\text{BT}$. Keadaan lapang pada stasiun 5 yaitu dengan permukaan yang berbatu agak licin dan tajam dengan jumlah tiram sebanyak 49 ind. Sepanjang pinggir pantai telah dibeton dengan tinggi sekitar 2 m dan terdapat buangan limbah dari pemukiman melalui pipa paralon ukuran kecil yang langsung dibuang ke laut. Jarak stasiun 5 ke stasiun 4 sekitar 400 m. Stasiun 5 dapat dilihat pada Gambar 8.

Stasiun 6 terletak pada titik koordinat $112^{\circ}21'13.26''\text{BT}$ - $6^{\circ}52'2.30''\text{BT}$ merupakan daerah pesisir pantai yang terletak sepanjang pantai Lorena, jalan raya Paciran, Lamongan. Sekitar tepi pantai terdapat warung-warung dan pedagang kaki 5 yang memenuhi sepanjang area wisata pantai Lorena. Stasiun 6 dengan substrat karang berbatu dan sedikit licin sehingga dapat dijumpai tiram *Crassostrea cucullata* dengan jumlah 56 ind. Jarak stasiun 6 dengan stasiun 5 sekitar 900 m. Stasiun 6 dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 7. Stasiun 4



Gambar 8. Stasiun 5



Gambar 9. Stasiun 6

4.2 Morfometrik Tiram *Crassostrea 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. 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.

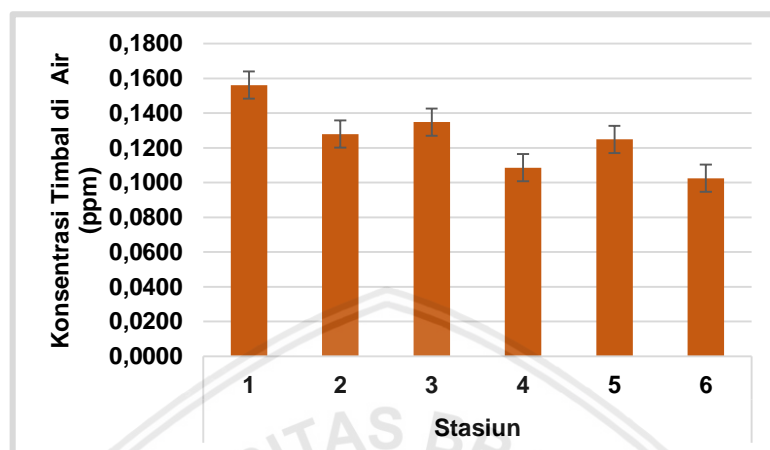
Selain ukuran, diduga semakin besar ukuran tiram (tua), semakin banyak tiram tersebut menyerap logam berat. Pertumbuhan tiram yang berbeda dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kesesuaian perairan, salinitas dan ketersediaan makanan yang mendukung tiram. Keadaan tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap ukuran cangkang (Akbar *et al.*, 2014). Hal tersebut diperkuat dengan pernyataan dari Hamzah dan Setiawan (2010), tiram berukuran besar memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat lebih besar daripada tiram berukuran kecil, maka kandungan logam berat yang masuk ke tubuh tiram akan lebih tinggi.

Berat total (berat isi tiram dengan cangkangnya) berbeda jauh dengan berat isi tiram (berat Keseluruhan Organ). Jika dihitung berat cangkangnya saja, maka berat cangkang akan lebih besar daripada isi tiramnya. Hasil penelitian yang sama juga dikemukakan oleh Astuti *et. al.* (2001), bahwa berat Keseluruhan Organ berbeda jauh dengan berat cangkangnya. Menurut Octavina (2014), pertumbuhan tiram meliputi pertumbuhan Keseluruhan Organ dan cangkang. Kecepatan pertumbuhan Keseluruhan Organ tidak selalu seiring dengan kecepatan pertumbuhan cangkang karena masing – masing dipengaruhi oleh faktor yang berbeda. Pertumbuhan Keseluruhan Organ dipengaruhi oleh ketersediaan makanan, kematangan gonad dan perubahan yang terjadi akibat pelepasan gonad. Menurut Priyantini *et.al.* (2016), sedangkan pertumbuhan cangkang dipengaruhi oleh kandungan kalsium dalam perairan. Ketika tiram digenangi air saat pasang, maka tiram dapat memanfaatkan makanannya setiap saat karena makanannya relatif selalu tersedia. Ketika surut, tiram tidak digenangi air dan menutup rapat cangkangnya. Apalagi jika fase surut terjadi pada siang hari. Tiram menutup rapat cangkangnya untuk bertahan karena tidak mendapatkan air pada siang hari dan mengurangi panas matahari.

4.3 Hasil Analisis Logam Berat

4.3.1 Konsentrasi Timbal di Air

Hasil analisis logam berat timbal dalam air dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Konsentrasi Timbal di Air

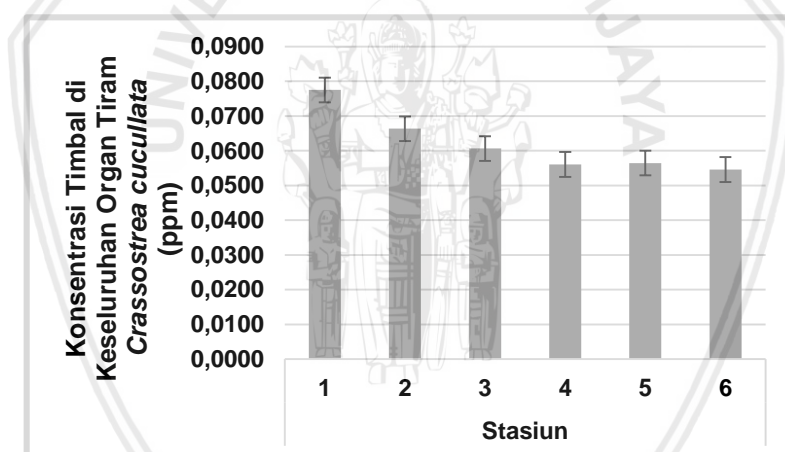
Berdasarkan analisis konsentrasi timbal di air didapatkan hasil berkisar antara 0,1025 ppm - 0,1562 ppm. Hasil rata-rata stasiun 1: 0,1562 ppm, stasiun 2: 0,1279 ppm, stasiun 3: 0,1339 ppm, stasiun 4: 0,1086 ppm, stasiun 5: 0,1249 ppm, dan stasiun 6: 0,1025 ppm. Hasil tertinggi didapatkan pada stasiun 1 karena dekat dengan sumber limbah pabrik pengalengan ikan dan perbaikan kapal-kapal nelayan yang sudah rusak di pesisir Desa Kandang Semangkon, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan dan hasil terendah bisa jadi disebabkan karena pada stasiun 6 tersebut jauh dengan sumber masukan limbah, daerah surut terendah namun dekat dengan jalan raya dan jalur kapal nelayan kecil.

Timbal biasanya terdapat dalam bentuk senyawa-senyawa galena (PbS), anglesite ($PbSO_4$), minim (Pb_3O_4), dan cerrusite ($PbCO_3$). Timbal tidak pernah ditemukan dalam bentuk logam murninya. Timbal dapat berada di dalam perairan secara alamiah maupun dampak dari aktivitas manusia. Secara alamiah, timbal masuk ke perairan melalui pengkristalan timbal di udara dengan bantuan air hujan, hampasan gelombang, dan angin (Palar, 2004). Sesuai dengan

keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004, yaitu baku mutu air laut untuk kandungan logam timbal pada perairan adalah sebesar 0,005 ppm. Tingginya konsentrasi logam berat timbal pada air laut dapat mengakibatkan terjadinya akumulasi pada tubuh biota melalui proses biomagnifikasi. Emersida *et. al.* (2014), juga mengungkapkan bahwa adanya logam berat dalam perairan akan mempengaruhi siklus hidup dari organisme perairan terutama bivalvia yang mendapatkan makanan dengan cara menyaring air laut atau disebut *filter feeder*.

4.3.2 Konsentrasi Timbal di Keseluruhan Organ Tiram *Crassostrea cucullata*

Hasil analisis logam berat timbal dalam Keseluruhan Organ, dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Konsentrasi Timbal pada Keseluruhan Organ Tiram *Crassostrea cucullata*

Berdasarkan hasil analisis konsentrasi timbal pada keseluruhan organ tiram *Crassostrea cucullata* didapatkan hasil kisaran konsentrasi antara 0,0546 ppm - 0,0775 ppm. Hasil rata-rata stasiun 1: 0,0775 ppm, stasiun 2: 0,0664 ppm, stasiun 3: 0,0607 ppm, stasiun 4: 0,0561 ppm, stasiun 5: 0,0565 ppm, dan stasiun 6: 0,0546 ppm. Nilai tertinggi didapatkan pada stasiun 1, karena pada lokasi ini terdapat pabrik pengalengan ikan, penggalangan kapal, dan perbaikan kapal nelayan, serta masukan limbah dari pemukiman yang kemungkinan dapat mempengaruhi dari nilai konsentrasi timbal. Nilai terendah didapatkan pada

stasiun ke-6 yang kemungkinan karena tidak dekat dengan industri, dan jauh dari pemukiman, namun dekat dengan wisata dan pedagang kaki lima. Menurut Nasution dan Siska (2011), kandungan logam berat pada biota air biasanya akan selalu bertambah dari waktu ke waktu karena sifat logam yang bioakumulatif, sehingga biota air khususnya biota air yang hidupnya menetap seperti tiram sangat baik digunakan sebagai indikator pencemaran logam berat dalam lingkungan perairan. Moluska merupakan biota yang tepat untuk digunakan sebagai bioindikator pencemaran logam berat karena hidup di dasar perairan dan tidak dapat bergerak cepat. Moluska mempunyai toleransi luas terhadap air payau serta dapat menunjukkan hubungan antara konsentrasi bahan pencemar di dalam air dan dalam tubuhnya (Wahyudi *et.al*, 2015).

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004, yaitu baku mutu untuk kandungan timbal pada biota laut adalah sebesar 0,008 ppm. Menurut Ritonga *et.al* (2018), bahwa spesies yang berbeda dari tiram di lingkungan memiliki tingkat bioakumulasi yang berbeda, yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti biologis (usia, ukuran, jenis kelamin, aktivitas makan dan keadaan reproduksi) dan faktor geokimia (karbon organik, kesadahan air, suhu, pH, oksigen terlarut). Hasil konsentrasi timbal dalam Keseluruhan Organ sudah melampaui ambang batas yang sudah ditetapkan oleh menteri lingkungan hidup dan organisme perairan sudah tercemar oleh logam berat timbal.

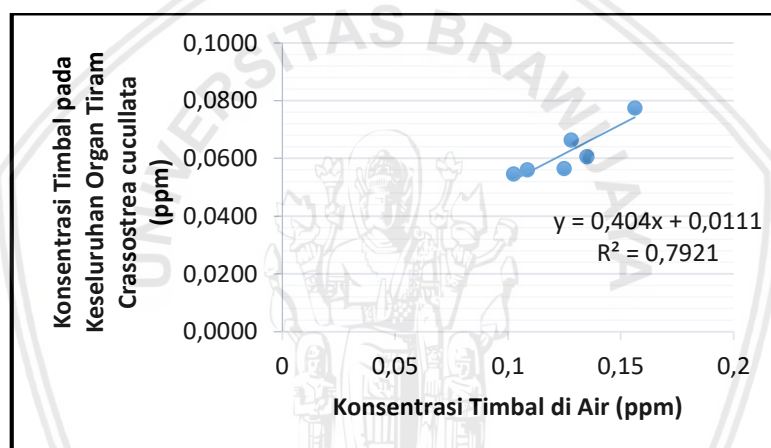
Logam berat timbal yang masuk akan terserap dan berikatan dengan mineral-mineral (Fe, Ca, dan Mg) dalam tubuh tiram. Apabila konsentrasi logam berat timbal yang masuk ke dalam tubuh sudah melewati ambang batas yang bisa ditolerir oleh tubuh tiram, maka akan terjadi akumulasi di organ pencernaan, hati, lambung, dan masuk dalam peredaran darah. Akumulasi yang terjadi dalam organ-organ tersebut dapat mengakibatkan terjadinya gangguan fungsi kelenjar endokrin, aktivitas metabolisme dan reproduksi pada tiram. Hal ini didukung oleh

pendapat Cordova (2016), yang menyatakan bahwa masuknya logam berat timbal dalam organisme laut terutama tiram terjadi relatif lambat, namun semakin tinggi akumulasi timbal dalam tubuh tiram akan mempengaruhi proses fisiologisnya. Akibatnya akan terjadi perlambatan pertumbuhan, penurunan laju metabolisme, penurunan kemampuan reproduksi dan meningkatkan mortalitas (Nganro, 2009). Adanya akumulasi logam berat timbal pada organ tiram akan menimbulkan gangguan aktifitas enzim. Logam berat, termasuk timbal, akan berikatan dengan gugus sulfidril dan membentuk ikatan metaloenzim dan metaloprotein. Akibat adanya kedua ikatan tersebut, aktivitas enzim pada organel sel tidak dapat berjalan sebagaimana mestinya. Pada tingkat organ seperti insang dan ginjal, timbal akan menghambat transport aktif pada jaringan *epithelium branchial*, memperlambat proses respirasi, mengganggu keseimbangan asam-basa, menghambat regulasi ionik dan osmotik. Akibatnya peran organ akan menurun dan mengganggu kehidupan tiram. Pada sel reproduksi, paparan logam berat membuat spermatosit sekunder dan spermatozoa berkurang (Baršienė *et al.*, 2008). Polutan seperti timbal yang masuk ke dalam tubuh invertebrata seperti bivalvia akan “tertangkap” sementara oleh sel dan disimpan pada jaringan tubuh atau organ seperti *hepatopankreas* (Cordova *et al.*, 2011). Afinitas logam berat timbal bila telah terakumulasi dan berikatan dengan gugus sulfidril sukar untuk dilepaskan karena sifat ikatan yang sifatnya *irreversible*. Pada organ *hepatopankreas* terdapat *cytochrome* P450 yang memiliki kemampuan untuk mengeluarkan logam berat dari tubuh, tetapi karena jumlahnya terbatas, logam berat yang telah masuk dalam tubuh akan disimpan dahulu, dengan cara difagositasi oleh sel pada *hepatopankreas*, dan nantinya akan dibuang. Pada organ lain terdapat kemampuan untuk mereduksi logam berat seperti saluran pencernaan dan darah, proses eliminasi logam berat akan

dibuang bersamaan dengan feses dan terfagositasi oleh sel darah putih (Zanette *et al.*, 2010).

4.4 Hubungan Konsentrasi Timbal di Air Laut dengan Keseluruhan Organ Tiram *Crassostrea cucullata*

Kandungan logam berat timbal pada keseluruhan organ tiram *Crassostrea cucullata* dengan air menunjukkan hasil konsentrasi timbal yang berbeda di ke-6 stasiun. Konsentrasi logam timbal tersebut memiliki hasil yang berbeda yang cukup signifikan dan data konsentrasi timbal dari masing-masing tiram dan air yang di amati dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Kurva Regresi Linier Hubungan Timbal di Keseluruhan Organ dengan Air di Pesisir Paciran, pada Bulan Februari 2019

Berdasarkan kurva regresi linier ddiapatkan nilai persamaan $y = 0,404x + 0,0111$ dan R^2 sebesar 0,79. Nilai R^2 tersebut mengandung arti bahwa pengaruh konsentrasi timbal di air terhadap konsentrasi timbal pada keseluruhan organ tiram sebesar 79%, sedangkan 21% dipengaruhi oleh faktor lain. Hubungan yang terbentuk adalah positif, dimana kenaikan satu satuan konsentrasi timbal pada air dapat menyebabkan kenaikan sebesar 0,404 konsentrasi timbal pada keseluruhan organ tiram. Faktor yang berpengaruh seperti dari makanan alami tiram seperti fitoplankton yang sudah terkontaminasi oleh timbal.

Menurut Siaka (2016), penggunaan air laut sebagai sampel memiliki kelemahan karena pergerakan dari air laut yang tidak tetap dan berubah-ubah. Kecepatan dan arah angin yang berubah-ubah ini dapat menyebabkan distribusi timbal di perairan laut di pesisir Paciran juga dapat berubah-ubah. Menurut Hutagulung (1984), Unsur-unsur logam berat dapat masuk ke dalam tubuh organisme laut dengan tiga cara yaitu melalui rantai makanan, insang dan diffusi melalui permukaan kulit. Sedangkan pengeluaran logam berat dari tubuh organisme laut melalui dua cara yaitu ekskresi melalui permukaan tubuh dan insang serta melalui isi perut dan urine. Faktor konsentrasi (kemampuan organisme untuk mengakumulasi logam berat) didefinisikan sebagai perbandingan antara konsentrasi logam berat dalam organisme dan dalam airnya. Faktor konsentrasi ini tergantung pada jenis logam berat, jenis organisme, lama pemaparan, serta kondisi lingkungan perairan seperti pH. Setiap lingkungan perairan alami dihuni oleh berbagai organisme hidup dan semua organisme hidup ini berada dalam suatu sistem trofik. Masuknya bahan cemaran ke dalam perairan akan membunuh organisme yang paling sensitif. Bila bahan cemaran terus masuk, maka organisme yang paling sensitif berikutnya akan terbunuh. Demikian seterusnya, dan penambahan bahan camaran terakhir akan membunuh moluska kelompok "*filter feeder*" pemakan serasah. Menurut Komarawidjaja *et.al*, (2017), pemasukan bahan cemaran ke lingkungan perairan dapat juga mengganggu daur pakan. Dikarenakan sumber makanan tersedia, namun tidak mampu mencukupi kebutuhan nutrisi tiram. Selanjutnya hal tersebut kemungkinan juga terjadi karena faktor fisika kimia perairan yang cenderung buruk, sehingga mempengaruhi sistem fisiologi tiram dan menghabiskan banyak energi untuk proses beradaptasi. Faktor fisika kimia dapat disebabkan oleh pemanasan global, sedimentasi dan pencemaran.

4.5 Batas Aman Pangan Tiram *Crassostrea cucullata*

Hasil yang didapatkan pada perhitungan biokonsentrasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Batas Aman Konsumsi Tiram *Crassostrea cucullata* pada bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran

| Batas Aman Konsumsi | | | | |
|--|------------------|---|---|--------------------------------------|
| Konsentrasi Keseluruhan Organ Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> (ppm) | Berat Badan (kg) | PTWI (<i>Provisional Tolerable Weekly Intake</i>) (mg/kg) | MWI (<i>Maximum Weekly Intake</i>) (mg) | MTI (<i>Tolerable Intake</i>) (Kg) |
| 0,0775 | 60 | 0,025 | 1,5 | 19,4 |
| 0,0664 | 60 | 0,025 | 1,5 | 22,6 |
| 0,0607 | 60 | 0,025 | 1,5 | 24,7 |
| 0,0561 | 60 | 0,025 | 1,5 | 26,8 |
| 0,0565 | 60 | 0,025 | 1,5 | 26,5 |
| 0,0546 | 60 | 0,025 | 1,5 | 27,5 |

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada tabel 3, diketahui bahwa batas aman konsumsi tiram dengan berat badan rata-rata individu sebesar 60 kg didapatkan pada stasiun 1: 19,4 kg/minggu, stasiun 2: 22,6 kg/minggu, stasiun 3: 24,7 kg/minggu, stasiun 4: 26,8 kg/minggu, stasiun 5: 26,5 kg/minggu, dan stasiun 6: 27,5 kg/minggu, dengan total konsentrasi pada keseluruhan organ tiram sebesar 1,5 mg. 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 timbal dapat bersifat toksik bagi yang mengkonsumsi. Keracunan akut timbal dapat menyebabkan gangguan fungsi pada otak, disfungsi hati maupun ginjal dan gangguan reproduksi (Murakami *et al.*, 1993). Ditambahkan lagi bahwa dosis yang menyebabkan *lethal* (kematian) manusia diperkirakan terjadi jika 500 mg timbal terserap kedalam tubuh manusia (Rahde, 1991).

4.6 Faktor Biokonsentrasi

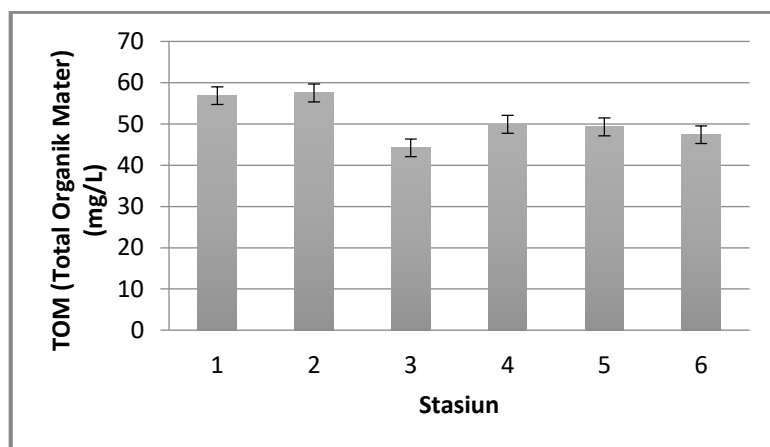
Berdasarkan perhitungan faktor biokonsentrasi, didapatkan hasil pada stasiun 1: 0,1169 ppm, stasiun 2: 0,0971 ppm, stasiun 3: 0,0978 ppm, stasiun 4: 0,0823 ppm, stasiun 5: 0,0907 ppm, dan stasiun 6: 0,0786 ppm. Hasil tertinggi didapatkan pada stasiun 1 sebesar 0,1169 ppm dan hasil terendah didapatkan pada stasiun 6 sebesar 0,0786 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 Analisis Kualitas Air

4.7.1 TOM (*Total Organic Matter*)

Peranan bahan organik di dalam ekologi laut adalah sebagai sumber energi (makanan), sumber bahan keperluan bakteri, tumbuhan maupun hewan. TOM juga dapat mempengaruhi dari ketersediaan makanan yang dibutuhkan oleh tiram dan menandakan perairan tersebut tercemar oleh limbah organik atau tidak. Hasil pengukuran TOM dapat dilihat pada Gambar 13.



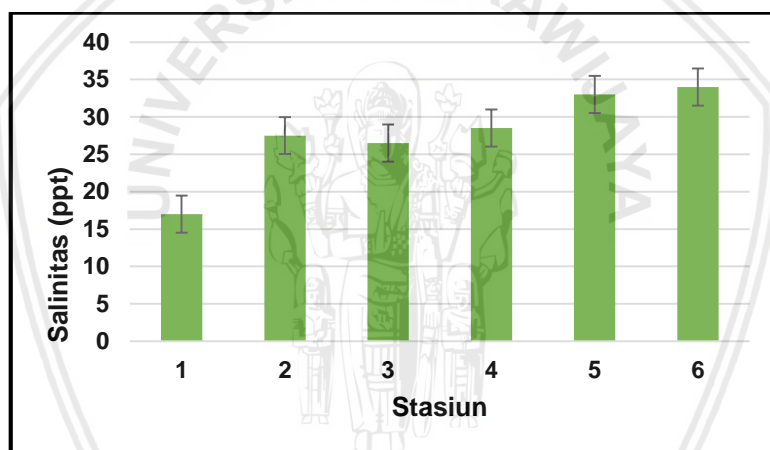
Gambar 13. TOM (*Total Organic Matter*) Air di Pesisir Paciran pada Bulan Februari 2019

Berdasarkan hasil pengukuran TOM didapatkan nilai pada stasiun 1: 56,88 mg/L, stasiun 2: 57,51 mg/L, stasiun 3: 44,23 mg/L, stasiun 4: 49,92 mg/L, stasiun 5: 49,29 mg/L, dan stasiun 6: 47,4 mg/L. Kisaran nilai TOM dari ke-6 stasiun didapatkan nilai terendah pada stasiun 3 yaitu 44,23 mg/L dan tertinggi pada stasiun 2 sebesar 57,51 mg/L. Nilai tertinggi diperoleh pada stasiun 2 karena adanya pengaruh 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 Hartini *et.al* (2012), kandungan bahan organik total di perairan dapat bervariasi antara 1.00 – 30.00 mg/L. Sedangkan nilai yang lebih tinggi dari angka tersebut dapat menunjukkan adanya masukan akibat kegiatan manusia.

Pesisir Paciran merupakan wilayah yang tidak lepas dari aktivitas manusia, baik lingkungan industri, limbah rumah tangga, ataupun masukan dari berbagai sungai yang ada di wilayah tersebut. Sehingga nilai dari TOM melebihi dari ambang batas yang ada. Hubungan logam terhadap bahan organik terlarut adalah bahan organik terlarut tersebut terikat oleh partikel. Bahan organik didalam perairan merupakan komponen yang penting dalam pengikatan logam dan sebagai indikator tinggi rendahnya logam di perairan (Susana, 2009).

4.7.2 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 16.



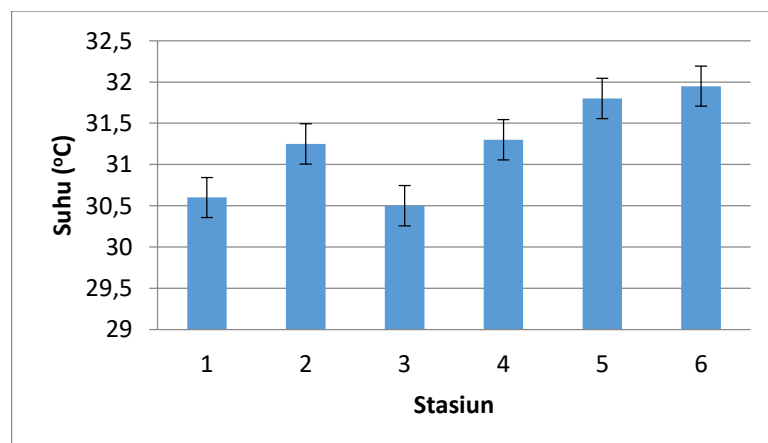
Gambar 14. Salinitas Air di Pesisir Paciran pada Bulan Februari 2019

Berdasarkan hasil pengukuran salinitas didapatkan nilai pada stasiun 1: 17 ppt, stasiun 2: 27,5 ppt, stasiun 3: 26,5 ppt, stasiun 4: 28,5 ppt, stasiun 5: 33 ppt, dan stasiun 6: 34 ppt. Hasil pengukuran salinitas ke-6 stasiun didapatkan nilai terendah pada stasiun 1 sebesar 17 ppt dan tertinggi pada stasiun 6 sebesar 34 ppt. Nilai salinitas terendah didapatkan pada stasiun 1, hal ini dikarenakan 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.

Salinitas air laut berfluktuasi tergantung pada musim, topografi, pasang surut, dan jumlah air tawar. Baku mutu yang dikeluarkan KepMen LH No. 51 Tahun 2004 untuk parameter salinitas yaitu 0,5 - 34‰. Kondisi ini sesuai yang dikemukakan oleh Winanto (2009) bahwa kondisi perairan daerah estuari dipengaruhi oleh pengaruh daratan dan lautan, dimana nilai salinitas tinggi terjadi saat pengaruh dari lautan lebih dominan dibandingkan dengan pengaruh daratan, begitu pula sebaliknya nilai salinitas rendah disebabkan oleh pengaruh daratan, yaitu ketika air tawar masuk ke perairan melalui aliran sungai. Selain itu, musim kemarau juga dapat mempengaruhi nilai salinitas karena pada musim kemarau konsentrasi salinitas air laut akan naik karena adanya evaporasi.

4.7.3 Suhu

Suhu perairan merupakan salah satu faktor yang amat penting bagi kehidupan organisme di perairan. Suhu merupakan salah satu faktor eksternal yang paling mudah untuk diteliti dan ditentukan. Suhu juga sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air, suhu pada badan air dipengaruhi oleh musim, lintang, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan dan aliran serta kedalaman air. Perubahan suhu permukaan dapat berpengaruh terhadap proses fisik, kimia dan biologi di perairan tersebut (Humana *et.al.*, 2018). Hasil pengukuran suhu dilapang dapat dilihat pada Gambar 15.

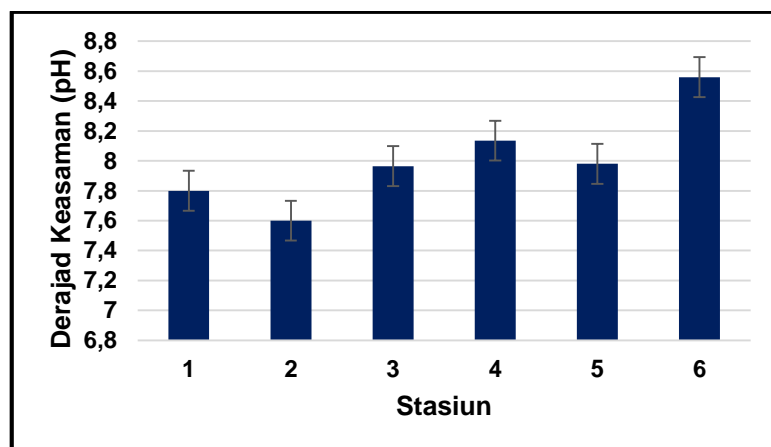


Gambar 15. Suhu Air di Pesisir Paciran pada Bulan Februari 2019

Berdasarkan hasil pengukuran suhu didapatkan nilai pada stasiun 1: 30,6 °C, stasiun 2: 31,25 °C, stasiun 3: 30,5 °C, stasiun 4: 31,3 °C, stasiun 5: 31,8 °C, dan stasiun 6: 31,95 °C. 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. Hasil yang didapatkan ini sesuai dengan pendapat Utojo *et al.* (2005), pada umumnya suhu permukaan perairan adalah berkisar antara 28 °C – 31°C, sedangkan suhu air yang optimal bagi kehidupan tiram yaitu 15-33 °C, dibawah suhu 15 °C pertumbuhan tiram menjadi lambat karena tiram akan berhenti makan. Berdasarkan baku mutu KepMen LH No 51 Tahun 2004, baku mutu suhu untuk biota laut yaitu sebesar 28-30 °C. Menurut Sari *et.al* (2017), penurunan suhu dapat mempengaruhi logam berat di perairan. Penurunan suhu di perairan dapat membuat logam berat tidak larut di kolom air yang menyebabkan logam berat mengendap ke dasar perairan. Namun, kisaran suhu yang didapatkan pada pesisir Paciran ini masih mampu untuk ditoleransi untuk pertumbuhan tiram *Crassostrea cucullata*.

4.7.4 Derajat Keasamaan (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 16.



Gambar 16. pH Air Pesisir Paciran pada Bulan Februari 2019

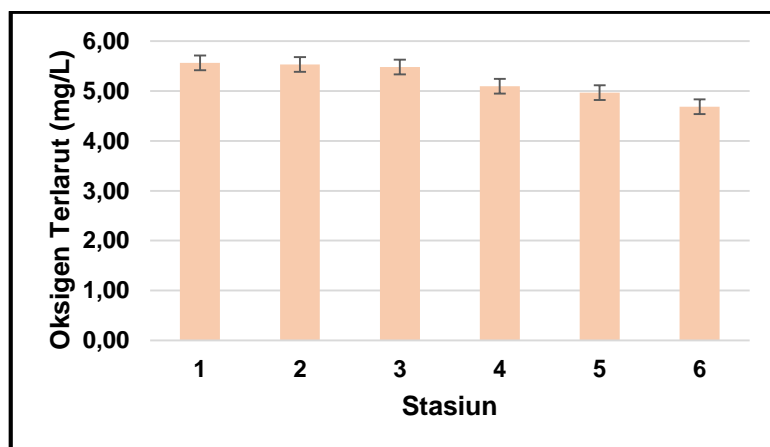
Berdasarkan hasil pengukuran pH didapatkan nilai rata-rata pada stasiun 1: 7,8, stasiun 2: 7,6, stasiun 3: 7,9, stasiun 4: 8,1, stasiun 5: 7,9, dan stasiun 6: 8,5. Kisaran pH semakin meningkat, hal ini bisa terjadi dikarenakan adanya peningkatan proses fotosintesis sehingga mengakibatkan pH naik, karena 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 6-8,5. Kisaran pH pada ke-6 stasiun di pesisir Paciran ini masih sesuai untuk kehidupan biota laut karena masih berada pada kisaran baku mutu yang dikeluarkan KepMen LH No. 51 Tahun 2004 untuk parameter pH yaitu sebesar 7-8,5. Berdasarkan hasil diatas nilai pH keseluruhan bersifat basa, nilai sesuai baku mutu lingkungan kawasan pelabuhan dan pesisir yang bernilai tidak lebih dari 8,5. pH merupakan faktor pembatas bagi organisme yang hidup di suatu perairan. Perairan dengan pH yang terlalu tinggi atau rendah akan mempengaruhi ketahanan hidup organisme yang hidup didalamnya (Sahara, 2009). Nugraha (2009), mengatakan bahwa kenaikan pH akan menurunkan kelarutan logam berat dalam air karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air sehingga akan mengendap dan terakumulasi dalam sedimen.

Menurut Susana (1988), senyawa asam karbonat (H_2CO_3) dan CO_2 bebas terbentuk dari reaksi antara CO_2 dan air pada proses fotosintesis pada air laut dengan nilai pH 4,5-6,5. Senyawa bikarbonat (HCO_3^-) akan terbentuk pada pH 6,5-10,4 dimana terjadi reaksi antara CO_2 dengan air. Nilai pH lebih dari 10,4 akan menghasilkan reaksi (HCO_3^{2-}). Pemanfaatan bikarbonat pada proses fotosintesis menghasilkan menghasilkan ion OH^- yang menyebabkan air bersifat basa atau mengalami kenaikan nilai pH.

Logam berat yang terkandung dalam air laut juga dapat terakumulasi dalam hewan air. Selain konsentrasi logam dalam air laut, faktor akumulasi juga dipengaruhi oleh pH air laut, jenis hewan air, umur dan bobot tubuh hewan air. Semakin rendah pH air laut, maka logam berat semakin larut dalam air sehingga semakin mudah masuk ke dalam tubuh hewan air, baik melalui insang, bahan makanan, atau melalui difusi (Sitorus, 2004).

4.7.5 Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (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 17.



Gambar 17. Oksigen Terlarut Air di Pesisir Paciran pada Bulan Februari 2019

Berdasarkan hasil pengukuran TOM didapatkan nilai pada stasiun 1: 5,57 mg/L, stasiun 2: 5,54 mg/L, stasiun 3: 5,49 mg/L, stasiun 4: 5,10 mg/L, stasiun 5: 5,47 mg/L, dan stasiun 6: 4,69 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. Hasil yang didapatkan sesuai dengan baku mutu KepMen LH No 51 Tahun 2004, nilai konsentrasi DO yang sesuai untuk kehidupan biota laut harus lebih besar dari 5 mg/l, meskipun dibawah baku mutu masih terbilang normal dan mampu mendukung kehidupan organisme perairan. Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut, selain dari proses difusi dari udara bebas. Konsentrasi DO pada suatu perairan sangat berhubungan dengan tingkat pencemaran, jenis limbah dan banyaknya bahan organik di suatu perairan.

Menurut Patty (2013), bahwa oksigen terlarut dapat berasal dari proses fotosintesis tumbuhan air dan dari udara yang masuk kedalam air. Nilai DO yang baik untuk pertumbuhan tiram berkisar antara 5,2 mg/L – 6,6 mg/L. Menurut Supii dan Arthana (2013), selain respirasi hewan dan tumbuhan, hilangnya oksigen

diperairan juga terjadi karena oksigen dimanfaatkan oleh mikroba mengoksidasi bahan organik. Nilai DO yang rendah dan menurun mengindikasikan adanya pencemaran di perairan. Hal ini dapat berakibat sulitnya biota perairan untuk hidup diwilayah tersebut meskipun ada beberapa organisme yang mampu hidup.



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 timbal pada air berkisar antara 0,1025 ppm - 0,1562 ppm. Nilai konsentrasi pada keseluruhan organ berkisar antara 0,0546 ppm - 0,0775 ppm. Hasil konsentrasi timbal pada air dan keseluruhan organ tiram menunjukkan adanya perbedaan.
- 2) Hubungan antara rata-rata konsentrasi timbal di air dengan konsentrasi timbal pada keseluruhan organ tiram adalah positif dimana kenaikan konsentrasi timbal di air dapat menaikkan nilai konsentrasi timbal pada keseluruhan organ tiram *Crassostrea cucullata*, dengan persamaan linier sederhana $y = 0,404x + 0,0111$.
- 3) Batas aman konsumsi dengan berat badan rata-rata individu sebesar 60 kg didapatkan nilai pada stasiun 1: 19,4 kg/minggu, stasiun 2: 22,6 kg/minggu, stasiun 3: 24,7 kg/minggu, stasiun 4: 26,8 kg/minggu, stasiun 5: 26,5 kg/minggu, dan stasiun 6: 27,5 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 masih kecil.

5.2 Saran

Diperlukan adanya perencanaan, pengaturan dan pengawasan segala bentuk kegiatan lebih ketat lagi oleh pemerintah yang membuang limbah ke perairan umum karena pada akhirnya juga akan sampai ke organisme di pesisir. Disamping ini juga penelitian ini semoga dapat bermanfaat untuk penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R. dan Husaini. 2017. Logam Berat Sekitar Manusia. Lambung Mangkurat University Proses. Banjarmasin.
- Ahmadi, R. 2016. Metodologi Penelitian Kualitatif. Ar-Ruzz Media: Yogyakarta. Hlm: 14-15.
- Akbar, J., Bahtiar., E, Ishak. 2014. Studi Morfometrik Kerang Kalandue (*Polymesoda erosa*) di Hutan Mangrove Teluk Kendari. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. 1(4): 1-12.
- Andrew, ST., Y.I. Siregar., dan Efriyeldi. 2014. Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Zn pada Keseluruhan Organ dan Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Balai Asahan. *Depik*. 1 (1) : 76 – 85.
- Anggraini, P., Nurhadi., dan Abizar. 2014. Kepadatan Populasi Keong Bakau (*Telescopium telescopium*) di Kawasan Hutan Mangrove Maligi Kabupaten Pasaman Barat. *Jurnal*. 5(3): 1-5.
- Ardi. 2002. Pemanfaatan Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan Pesisir. Tesis PSIPB. Bogor
- Arfiati, D., Nuriyani., dan H.F. Kharismayanti. 2018. Crassostrea : Tiram Bakau dan Tiram Batu. UB Press. Malang.
- Arfiati, D., R.R Agustri., dan Herwati U.S. 2014. Studi Populasi Tiram *Crassostrea cucullata* di Sekitar Perairan Pelabuhan PPI Mayangan Kota Probolinggo Jawa Timur. *National Conference Green Technology*. 375-381.
- Arief, D. 1984. Pengukuran Salinitas Air Laut dan Peranannya dalam Ilmu Kelautan. *Oseana*. 9(1): 3-10.
- Arkhipin, A., E. Boucher., M. Gras., dan P. Brickle. 2014. Variability in Age and Growth of Common Rock Oyster *Saccostrea cucullata* (Bivalvia) in Ascension Island (central-east Atlantic). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 1-8.
- Armita, D. 2011. Analisis Perbandingan Kualitas Air di Daerah Budidaya Rumput Laut dengan Daerah Tidak Ada Budidaya Rumput Laut, di Dusun Malelaya, Desa Punaga, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Ashraf. 2006. Levels of Selected Heavy Metals in Tuna. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, 31(31).
- Asriyanti, D. 2012. Kepadatan Tiram (*Crassostrea cucullata* born 1778) pada Habitat Mangrove di Perairan Pantai Mayangan, Jawa Barat. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Astuti, S., T. Resmiati. dan S. Diana. 2001. Analisis Isi Lambung Tiram *Crassostrea* sp. dari Perairan Batukaras, Ciamis. *Jurnal Bionatura*. 3(2): 77-84.

- Basri, T.H., Nuraini., dan R.P. Sari. 2017. Pengolahan Cangkang Tiram Menjadi Grit dan Tepung Cangkang Tiram di Gampong Kuala Langsa Kecamatan Langsa Barat. Prosiding Seminar Nasional Mipa III. 333-338.
- Cordova, M. R., N. P. Zamani, and F. Yulianda. 2011. Heavy Metals Accumulation on Green Mussel (*Perna viridis*) in Jakarta Bay. *Jurnal Moluska Indonesia*. 2: 1–8.
- Cordova, M.R. 2016. Mekanisme Gangguan Genetik dan Mutasi pada Bivalvia yang Dipengaruhi oleh Logam Berat Timbal. *Oseana*. 21(3): 27-34.
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI Press. Jakarta
- Darmono. 2001. Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Universitas Indonesia, UI-Press. Jakarta.
- Effendi, M. 2009. Pengelolaan Wilayah Pesisir Secara Terpadu: Solusi Pemanfaatan Ruang, Pemanfaatan Sumberdaya dan Pemanfaatan Kapasita Asimilasi Wilayah Pesisir yang Optimal dan Berkelanjutan. *Jurnal Kelautan*. 2(1): 81-86.
- Emersida, I., Sukendi., dan B. Amin. 2014. Kandungan Logam Berat pada Air dan Tiram (*Crassostrea cucullata* born) di Muara Sungai Loskala Kota Lhokseumawe Provinsi Aceh. *Berkala Perikanan Terubuk*. 42(1): 69 –79.
- FAO/WHO. 2004. Summary of Evaluations Performed by The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA 1956-2003) ILSI Press International Life Science Institute, Washington.
- Febrianti, L.D., dan R. Azizah. 2015. Karakteristik, Kadar Timbal (Pb) dalam Darah, dan Hipertensi Pekerja Home Industri Aki Bekas di Desa Talun Kecamatan Sukodadi Kabupaten Lamongan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 8(1): 92-102.
- Fisheries and Aquaculture Departement. 2008. Status of Culture in Selective Asian Country. FAO. [terhubung berkala]: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB716E/AB716E13.htm> (23 Januari 2019).
- Hamzah, F. dan A. Setiawan, 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, Dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 2(2): 41-52.
- Hananingtyas, I. 2017. Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus sp.*) di Pantai Utara Jawa. *Biotropic*. 1(2): 41-50.
- Happy, A.R., Masyamsir., dan Y. Dhahiyat. 2012. Distribusi Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Kolom Air dan Sedimen Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu. *Jurnal Perikanan dan kelautan*. 3(3): 175-182.
- Hariyadi, S., I.N.N. Supriyadiputra, B. Widigodo. 1992. Limnologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hartini, H., I. Arthana., dan J. Wiryatno. 2012. Struktur Komunitas Makrozoobentos pada Tiga Muara Sungai sebagai Bioindikator Kualitas Perairan di Pesisir Pantai Ampenan dan Pantai Tanjung Karang Kota Mataram Lombok. *Echotrophic*. 7(2): 116-125.



- Haryono, M.G., Mulyanto., dan Y. Kilawati. Kandungan Logam Berat Pb Air Laut, Sedimen dan Keseluruhan Organ Kerang Hijau *Perna viridis*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. **9**(1): 1-7.
- Herni. 2011. Analisis Cemar Logam Berat Seng (Zn) dan Timbal (Pb) pada Tiram Bakau (*Crassostrea cucullata*) Asal Kabupaten Takalar dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Fakultas Ilmu Kesehatan. UIN Alaudin Makassar. Skripsi.
- Humana, B., R.H.R. Tanjung., Suwito., H.K. Maury., dan Alianto. 2018. Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre. Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. **16**(1): 35-43.
- Hutagalung, H.P. 1991. Pencemaran Laut oleh Logam Berat dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya. P30- LIPI. Jakarta. Hal 45-59.
- Hutagalung, H.P. 1984. Logam Berat dalam Lingkungan Laut. *Oseana*. **9**(1): 11-20.
- Indirawati, S.M. 2017. Pencemaran Logam Berat Pb dan Cd dan Keluhan Kesehatan pada Masyarakat di Kawasan Pesisir Belawan. *Jurnal Jumantik*. **2**(2): 54-60.
- 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 Environmental Microbiology* **63**. 1382-1388.
- Kementrian Kelautan dan Perikanan. 2011. Statistik Perikanan Tangkap Indonesian 2011. Direktorat Jendral Perikanan. Jakarta.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut (<http://www.menlh.go.id>). Tanggal Akses 28 Maret 2019.
- Klinbunga., B., B. Khamnamtong., N. Puanglarp., P. Jarayabhand., W. Yoosukh., dan P. Menasveta. 2005. Molecular Taxonomy of Oysters (*Crassostrea*, *Saccostrea*, and *Striostrea*) in Thailand Based on COI, 16S, and 18S rDNA Polymorphism. *Marine Biotechnology*. **10**(7): 306-317.
- Komarawidjaja, W., A. Riyadi., dan Y.S. Garno. 2017. Status Kandungan Logam Berat Perairan Pesisir Kabupaten Aceh Utara dan Kota Lhokseumawe. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. **18**(2): 251-258.
- Kordi, K. M.G. 2009. Budidaya Perairan. PT Citra Aditya Bakti. Jakarta.
- Ma'ruf M. 2007. Analisis Konsentrasi Logam Berat pada Ikan Baronang (*Siganus sp*) dan Lingkungan Perairan untuk Pengelolaan Wilayah Pesisir Bontang. Thesis (Tidak dipublikasikan). Universitas Mulawarman.
- Maharani, W.R., H. Setiyono., dan W.B. Setyawan. 2014. Studi Distribusi Suhu, Salinitas dan Densitas Secara Vertikal dan Horizontal di Perairan Pesisir, Probolinggo, Jawa Timur. *Jurnal Oseanografi*. **3**(2): 151-160.

- Merly, S.L. dan S. Elviana. 2017. Korelasi Sebaran Gastropoda dan Bahan Organik Dasar pada Ekosistem Mangrove di Perairan Pantai Payum, Merauke. *Agricola*. **7**(1): 56-67.
- Mirawati, F., E. Supriyanti., dan R.A.T. Nuraini. 2016. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Trimulyo dan Mangunharjo Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*. **5**(2): 121-126.
- Mrajita, C.V.P. 2010. Kandungan Logam Berat pada Beberapa Biota Kekerangan di Kawasan Littoral Pulau Adonara (Kabupaten Flores Timur, Nusa Tenggara Timur) dan Aplikasinya dalam Analisis Keamanan Kunsumsi Publik. [Thesis]. Program Magister Manajemen Sumberdaya Pantai. Universitas Diponegoro Semarang.
- Mukhtasor, 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Murakami, K.,G. Feng., and S.G. Chen. 1993. Inhibition of Brain Kinase Subtypes by Lead. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* **264**(2):757-761.
- Nasution, S., dan M. Siska. 2011. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Sedimen dan Siput *Strombus canarium* di Perairan Pantai Pulau Bintan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*: **5**(2):82-93.
- Natan, Y. 2008. Identifikasi Jenis Tiram dan Keanekaragamannya di Daerah Intertidal Desa Haria Kecamatan Saparua Kabupaten Maluku Tengah. *Thesis*. Institut Pertanian Bogor.
- Nazir, M. 2014. Metode Penelitian. Dhalia Indonesia: Bogor.
- Nganro, N. R. 2009. Metoda Ekotoksikologi Perairan Laut Terumbu Karang Bandung. [http://www.sith.itb.ac.id/profile/noor/Metoda Ekotoksikologi Perairan Laut Terumbu Karang.pdf](http://www.sith.itb.ac.id/profile/noor/Metoda_Ekotoksikologi_Perairan_Laut_Terumbu_Karang.pdf)
- Nindyapuspa, A., dan A. C. Ni'am. 2017. Distribusi Logam Berat Timbal di Perairan Laut Kawasan Pesisir Gresik . *Jurnal Teknik Lingkungan*. **3**(1): 1-5.
- Nontji, A. 2005. Laut Nusantara Penerbit Djambatan. Jakarta. Hal: 1-106
- Nugraha, W. A. 2009. Kandungan Logam Berat pada Air dan Sedimen di Perairan Socah dan Kwanyar Kabupaten Bangkalan. *Jurnal Kelautan*. **2**(2): 158-164.
- Octavina, C. (2014). Aspek Pemanfaatan Sumberdaya Tiram Keseluruhan Organ (*Ostreidae*) sebagai Upaya Pengelolaan Berbasis Struktur Populasi di Kuala Gigieng, Aceh Besar. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Octavina, C., F. Yulanda., dan M. Krisanti. 2014. Struktur Komunitas Tiram Keseluruhan Organ di Perairan Estuaria Kuala Gigieng, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. *Depik*. **3**(2): 108-117.
- Palar H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: Rineka Cipta.
- Parawita, D., Insafitri., dan W.A. Nugraha. 2009. Analisis Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) di Muara Sungai Porong. *Jurnal kelautan*. **2**(2): 117-124.

- Parvaresh HZ, Abedi P, Farhchi M, Karami N, Khorasani & Karbassi A. 2010. Bioavailability and Concentration of Heavy Metals in the Sediments and Leaves of Grey Mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh, in Sirik Azini Creek, Iran, *Biol. Trace Elem. Res.* 101-107.
- Patty,S.I. 2013. Distribusi Suhu, Salinitas dan Oksigen Terlarut di Perairan Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax.* 1(3): 148-157.
- Perdana, T., W.R. Melani., dan A. Zulfikar. 2014. Kajian Kandungan Bahan Organik terhadap Kelimpahan Keong Bakau (*Telescopium telescopium*) di Perairan Teluk Riau Tanjungpinang. *Jurnal Fakultas MIPA.* 8(2): 1-14.
- Permana GN, Hutapea JH, Haryanti. 2006. Polimorfisme Enzim Glucose6-phosphate Isomerase pada Tiga Populasi Ikan Tuna Sirip Kuning (*Thunnus albacares*). *J Fish Sci.* 8(1): 50-56.
- Pernamawati, Y., R. Zuraida., dan A. Ibrahim. 2013. Kandungan Logam Berat (Cu, Pb, Zn, Cd, dan Cr) dalam Air dan Sedimen di Perairan Teluk Jakarta. *Jurnal Geologi Kelautan.* 11(1): 9-16.
- Poutiers, JM. 1998 Bivalves. Acephala, Lamellibranchia, Pelecypoda. In: Carpenter KE, Niem VH (eds.). *FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. The Living Marine Resources of the Western Central Pacific. Volume 1. Seaweeds, Corals, Bivalves, and Gastropods.* FAO, Rome.
- Priyantini, P.F., D. Arfiati., dan A. Kurniawan. 2016. Analisis Berat Keseluruhan Organ dan IKG (Indeks Kematangan Gonad) Tiram *Crassostrea iridalei* berdasarkan Fase Bulan. *Prosiding Seminar Ilmu Kelautan.* 1(1): 11-17.
- Purnawan. 2012. Analisis Kuat Tekan dan Pelindian pada Pemanfaatan Limbah Slag Daur Ulang Aki Bekas sebagai Bahan Substitusi Material Pasir Semen. Skripsi. Yogyakarta: Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Sains Terapan IST AKPRIND.
- Puspitasari, Rachma. 2007. Laju Polutan dalam Ekosistem Laut. *Oseana.* 32(2): 21-28.
- Putra, J.A. 2006. Bioremoval Metode Alternatif untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat. http://www.chemistry.org/artikel_kimia/biokimia. Diakses Tanggal 30 April 2019
- Rahde, A.F. 1991. Lead Inorganic. *IPCS INCHEM.* pp. 1-24.
- Ramadhaniaty, M., I. Setyobudiandi., dan H.H. Madduppa. 2018. Morphogenetic and Population Structure of Two Species Marine Bivalve (Ostreidae: *Saccostrea cucullata* and *Crassostrea iredalei*) in Aceh, Indonesia. *Biodiversitas.* 9(3): 978-988.
- Rashed MN. 2007. Biomarker as Indicator for Water Pollution with Heavy Metals in Rivers, Sea and Oceans. *Fac. of Science.* South Valley University. Egypt.
- Rismawati, U., N. Afiati., dan D. Suprpto. 2015. Struktur Populasi Tiram (*Saccostrea cucullata* born, 1778) pada Ekosistem Mangrove dan Non-Mangrove di Semarang, Jawa Tengah. *Diponegoro Journal of Maquares.* 4(2): 48-57.

- Ritonga, I.R., M. Effendi., dan Hamdhani. 2018. Analisis Resiko Kesehatan Pencemaran Logam Berat pada Tiram (*Saccostrea cucullata*) di Pesisir Salo Palai, Propinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Enggano*. **3**(2): 241-249.
- Romimohtarto dan Juwana. 2001. Biologi Laut. Ilmu Pengetahuan Tentang Biologi laut. Djambatan. Jakarta
- Sahara, E. 2009. Distribusi Pb dan Cu pada Berbagai Ukuran Partikel Sedimen di Pelabuhan Benoa. *Jurnal Kimia*. **3**(2): 75-80.
- Salmanu, S.A. 2017. Identifikasi Jenis Tiram dan Keanekaragamannya di Daerah Intertidal Desa Haria Kecamatan Saparua Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Biology Science*. **6**(2):1-5.
- Santoso, P. 2010. Pengaruh Kejut Salinitas terhadap Pemijahan Tiram (*Crassostrea cucullata* Born). *Ilmu Kelautan*. **15**(3): 159-162.
- Sari, S.H.J., Kirana, J.F.A. dan Guntur. 2017. Analisis Kandungan Logam Berat Hg dan Cu Terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. *J. Pendidikan Geografi*. **22**(1): 1-9
- Sarjono, A. 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb, dan Hg pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Satriadi, A. 2012. Analisis Sebaran Sedimen Tersuspensi di Perairan Paciran Lamongan Jawa Timur. *Buletin Oseanografi Marina*. **1**(1): 13 – 30.
- Schaduw, J.N.W. 2018. Distribusi dan Karakteristik Kualitas Perairan Ekosistem Mangrove Pulau Kecil Taman Nasional Bunaken. *Majalah Geografi Indonesia*. **32**(1): 30-39.
- SCORE, 2011. South Carolina Oyster Restoration and Enhancement: Oyster Biology and Ecology. South Carolina Department of Natural Resources (SCNDR), South Carolina, USA.
- Sembiring, R. 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd, dan Pb pada Keseluruhan Organ Kijing Lokal (*Pilsbryoconcha exilis*) dari Perairan Situ Gede, Bogor. Skripsi. Departemen Teknologi Perairan FPIK. ITB.
- Setiawan, H. 2013. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. **7**(1): 12-24.
- Sitorus, D. BR. 2008. Keanekaragaman dan Distribusi Bivalvia serta Kaitannya dengan Faktor Fisik dan Kimia di Perairan Pantai Labu Kabupaten Deli Serdang. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sitorus, H. 2004. Analisis Beberapa Karakteristik Lingkungan Perairan yang Mempengaruhi Akumulasi Logam Berat Timbal dalam Tubuh Kerang Darah di Perairan Pesisir Timur Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. **9**(1): 53-60.
- Sudirman,N., S. Husrin., dan Ruswahyuni. 2013. Baku Mutu Air Laut untuk Kawasan Pelabuhan dan Indeks Pencemaran Perairan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Kejawanan, Cirebon. *Jurnal Saintek Perikanan*. **9**(1): 14-22.

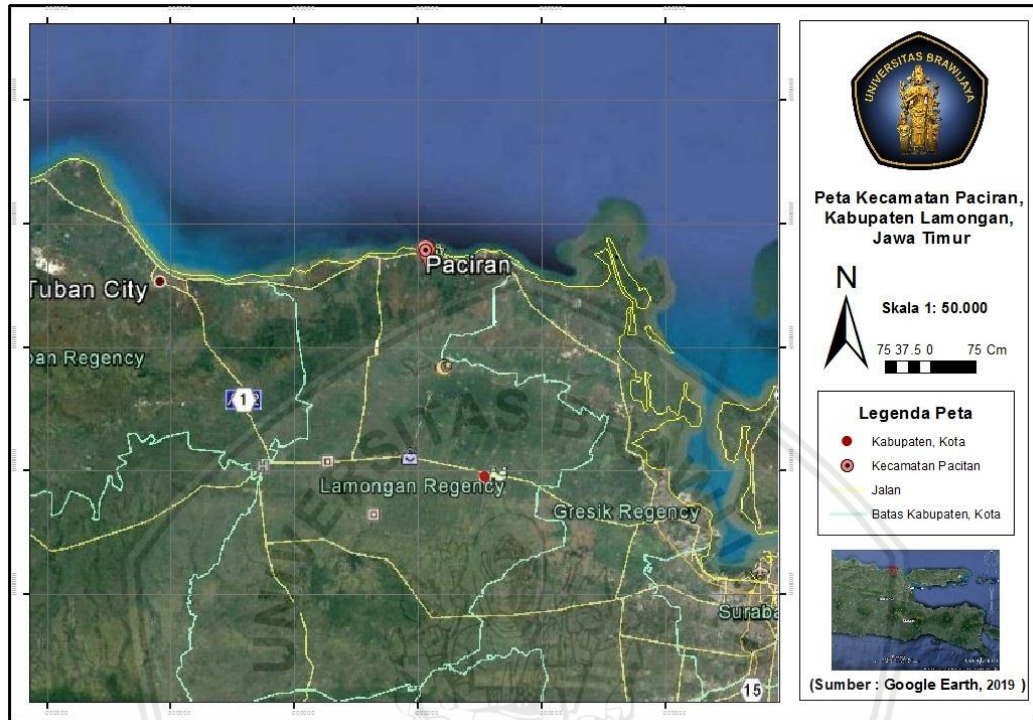
- Sukumar, P., and Joseph, MM., 1988. Annual Reproductive Cycle of the Rock Oyster *Saccostrea cucullata* (von Born). In: M. Mohan Joseph (Ed.) The First Indian Fisheries Forum, Proceedings. Asian Fisheries Society. Indian Branch. Mangalore. pp. 201 - 210.
- Supii, A.I dan I.W. Arthana. 2013. Studi Kualitas Perairan pada Kegiatan Budidaya Tiram Mutiara (*Pinctada maxima*) di Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng, Bali. *Echotrophic*. **4**(1): 1-7.
- Supriyanti, E., N. Soenardjo., dan S. A. Nurtania. 2017. Konsentrasi Bahan Organik pada Perairan Mangrove di Pusat Informasi Mangrove (PIM), Kecamatan Pekalongan Utara, Kota Pekalongan. *Buletin Oseanografi Marina*. **6**(1): 1-8.
- Susana, T. 2009. Tingkat Keasaman (pH) dan Oksigen Terlarut sebagai Indikator Kualitas Perairan Sekitar Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. **5** (2) : 33–39.
- Susana, T. 1988. Karbon Dioksida. *Oseana*. **13**(1): 1-11.
- Titin A. 2010. Kontaminasi Logam Berat pada Makanan dan Dampaknya pada Kesehatan. *Teknubuga*. **2**(2): 53-65.
- Undang-Undang No. 27 Tahun 2007. Tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.
- Utojo, Mansyur, A., Taranamulia, Pantjara, Hasnawati, B., 2005. Identifikasi Kelayakan Lokasi Budidaya Laut di Perairan Teluk Kupang, Nusa Tenggara Timur. *Journal Penelitian Perikanan Indonesia*. **1**(1): 1-5.
- Wahyudi, R.A., T. Purnomo., dan R. Ambarwati. 2015. Kadar timbal (Pb) dan Kepadatan Populasi *Cerithidea* sp. di Pantai Selatan Kabupaten Bangkalan Madura, Jawa Timur. *Lentera Bio*. **4**(3): 1-6.
- Wang H, Guo X, Zhang G, Zhang F. 2004. Classification of Jinjiang Oysters *Crassostrea rivularis* (Gould, 1861) from China, Based on Morphology and Phylogenetic Analysis. *Aquaculture*. **242**: 137-155
- Wicaksono, E.A., Sriatati., dan W. Lili. 2016. Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) pada Makrozoobenthos di Perairan Waduk Cirata, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Perikanan Kelautan*. **7**(1): 103-114.
- Winanto, T, 2009. Kajian Perkembangan Larva dan Pertumbuhan Spat Tiram Mutiara (*Pinctada maxima*) (*jameson*) pada Kondisi Lingkungan Pemeliharaan Berbeda. IPB. Bogor.
- Wolf HD, Ulomi SA, Backeljau T, Pratap HB and Blust R. 2001. Heavy Metal Levels in the Sediments of Four Dar Es Salaam Mangroves Accumulation in, and Effect on the Morphology of the Periwinkle *Littoraria scabra* (Mollusca: Gastropoda). *Environment International*. **6** : 243- 249.
- www.marinespecies.org. [terhubung berkala]. <http://marinespecies.org/aphia/details?id=216634>. (23 Januari 2019).
- Yalcin G, Narin I, & Soylak M. 2008. Multivariate Analysis of Heavy Metal Contents of Sediments from Gumusler Creek, Nigde, Turkey. *Environmental Geology*. **54**: 1155-1163.

- Yudo S. 2006. Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. *JAI*. **2**(1): 1-15.
- Yulaipi, S., dan Aunurohim. 2013. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*. **2**(2): 166-170.
- Zainuri, M., Sudrajat,. Dan E.S. Siboro. 2011. Kadar Logam Berat Pb pada Ikan Baronang (*Siganus sp.*), Lamun, Sedimen dan Air di Wilayah Pesisir Kota Bontang - Kalimantan Timur. *Jurnal Kelautan*. **4**(2): 1-5.
- Zanette, J., J. V. Goldstone, A. C. D. Bairy and J. J. Stegeman. 2010. Identification of CYP Genes in *Mytilus* (Mussel) and *Crassostrea* (Oyster) Species: First Approach to the Full Complement of Cytochrome P450 Genes in Bivalves. *Marine Environmental Research*, 69. (SUPPL. 1).
- Zipcodezoo. 2014. Klasifikasi Tiram *Crassostrea cucullata*. Diakses pada tanggal 17 Mei 2019 pukul 20.00 WIB.



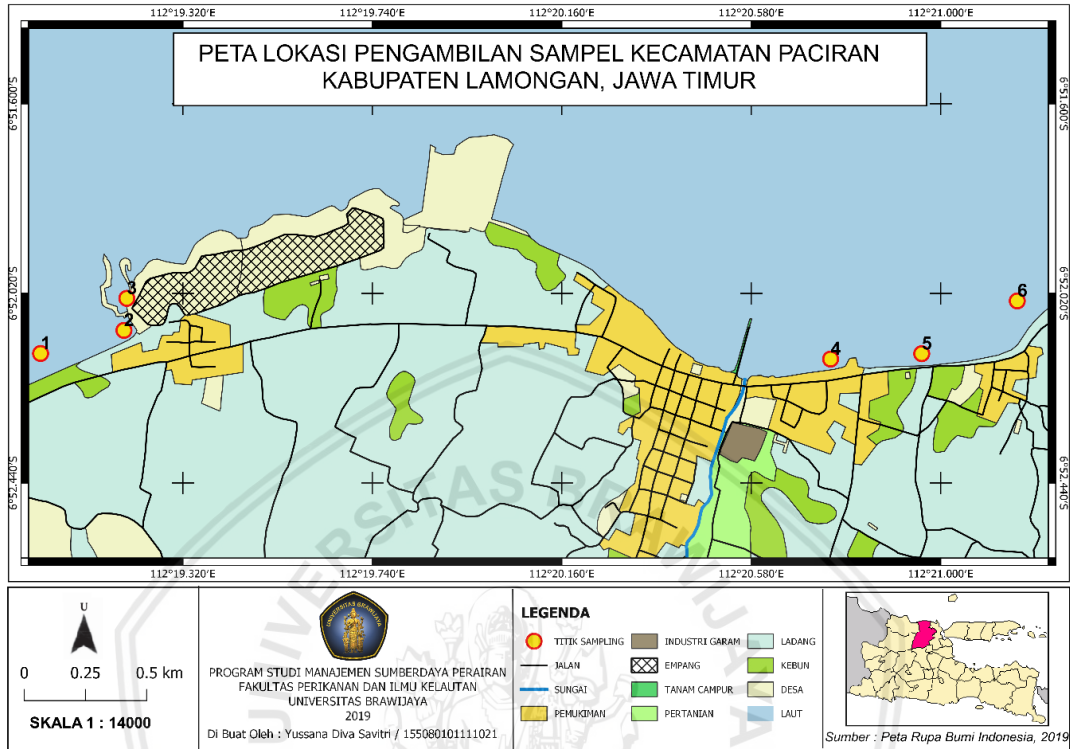
LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Penelitian



Gambar 18. Lokasi Penelitian pada Bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran

Lampiran 2. Stasiun Penelitian



Gambar 19. Stasiun Penelitian pada Bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran

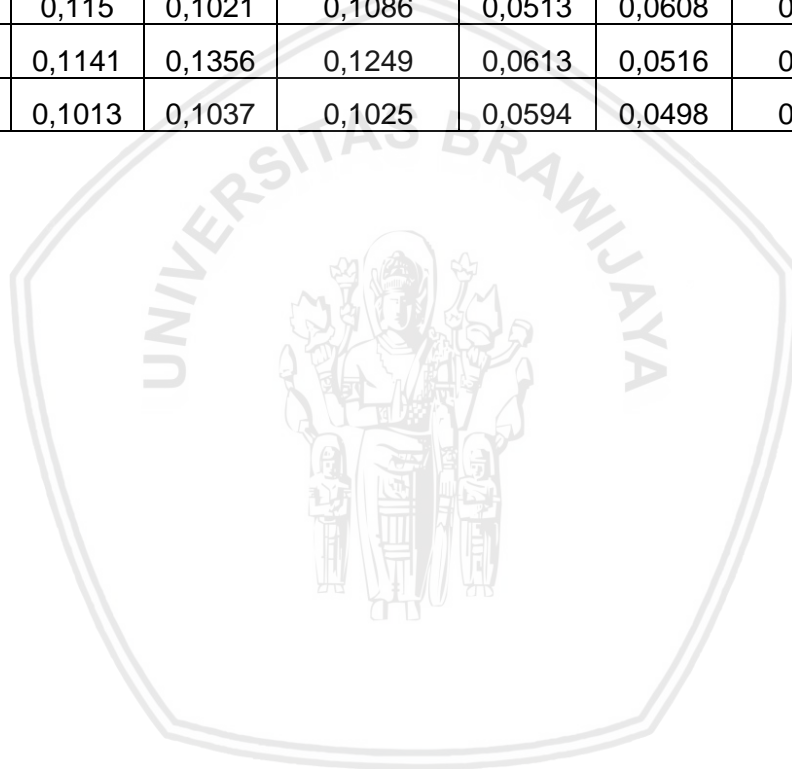
Lampiran 3. Morfometrik Tiram *Crassostrea cucullata* pada Bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran

| Stasiun | Tiram <i>Crassostrea 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 4. Konsentrasi Timbal pada Bulan Februari 2019 di Pesisir Paciran

| Stasiun | Konsentrasi Timbal | | | | | |
|---------|--------------------|---------|-----------|--|---------|-----------|
| | Air (ppm) | | Rata-Rata | Keseluruhan Organ Tiram <i>Crassostrea cucullata</i> (ppm) | | Rata-Rata |
| | Titik 1 | Titik 2 | | Titik 1 | Titik 2 | |
| 1 | 0,1607 | 0,1516 | 0,1562 | 0,0826 | 0,0724 | 0,0775 |
| 2 | 1,1389 | 1,1169 | 1,1279 | 0,0721 | 0,0606 | 0,0664 |
| 3 | 0,1291 | 0,1406 | 0,1349 | 0,0627 | 0,0586 | 0,0607 |
| 4 | 0,115 | 0,1021 | 0,1086 | 0,0513 | 0,0608 | 0,0561 |
| 5 | 0,1141 | 0,1356 | 0,1249 | 0,0613 | 0,0516 | 0,0565 |
| 6 | 0,1013 | 0,1037 | 0,1025 | 0,0594 | 0,0498 | 0,0546 |



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



Pengambilan sampel tiram



Pengukuran kualitas air



Pengukuran panjang tiram



Sampel keseluruhan organ tiram



Penimbangan keseluruhan keseluruhan organ tiram



Pengukuran konsentrasi logam berat timbal