

**KAJIAN HISTOPATOLOGI INSANG IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) PADA  
TAMBAK BUDIDAYA YANG TERCEMAR LIMBAH KADMIUM (Cd) DAN  
TIMBAL (Pb) DARI LIMBAH INDUSTRI DI DESA PATUGURAN,  
KECAMATAN REJOSO, KABUPATEN PASURUAN JAWA TIMUR**

**SKRIPSI  
PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh:

**WIDURI INDRIYANI**

**NIM. 115080501111036**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2015**

**KAJIAN HISTOPATOLOGI INSANG IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) PADA  
TAMBAK BUDIDAYA YANG TERCEMAR LIMBAH KADMIUM (Cd) DAN  
TIMBAL (Pb) DARI LIMBAH INDUSTRI DI DESA PATUGURAN,  
KECAMATAN REJOSO, KABUPATEN PASURUAN JAWA TIMUR**

**SKRIPSI  
PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

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

**Oleh:**

**WDURI INDRIYANI**

**NIM. 115080501111036**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2015**

repository.ub.ac.id

KAJIAN HISTOPATOLOGI INSANG IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) PADA  
TAMBAK BUDIDAYA YANG TERCEMAR LIMBAH KADMIUM (Cd) DAN  
TIMBAL (Pb) DARI LIMBAH INDUSTRI DI DESA PATUGURAN,  
KECAMATAN REJOSO, KABUPATEN PASURUAN JAWA TIMUR

SKRIPSI  
PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Oleh:

WIDURI INDRIYANI

NIM. 115080501111036

Menyetujui,

Dosen Penguji I

Dosen Pembimbing I

(Prof. Ir. Marsoedi, Ph.D)  
NIP.19460320 197303 1 001  
Tanggal:

(Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS.)  
NIP. 19611106 198602 2 001  
Tanggal:

Dosen Penguji II

Dosen Pembimbing II

Ir. Heny Suprastyani, MS  
NIP. 19620904 198701 2 001  
Tanggal:

Dr.Ir. Maftuch, M.Si  
NIP. 19660825 199203 1 001  
Tanggal

Mengetahui,  
Ketua Jurusan MSP

(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)  
NIP. 19620805 198603 2 001  
Tanggal:

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

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

Malang, 11 November 2015

Mahasiswa



## UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala nikmat dan karunia yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan lancar.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS selaku dosen pembimbing I yang senantiasa dengan sabar dan telaten dalam membimbing penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Maftuch, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberi dukungan dan motivasi kepada penulis untuk terus belajar dan masukan yang beliau berikan untuk penulis.
4. Keluarga tercinta Ibunda (Heriyanti) dan adik tersayang (Pandu Pangestu) senantiasa memberi dorongan yang kuat, motivasi dan do'a yang tiada putusnya kepada penulis.
5. Sahabat seperjuangan "Tim Histo" (Nela dan Laili "Oink") yang bersama-sama dalam pelaksanaan penelitian, membantu dengan do'a dan telah sabar memberi semangat untuk menyelesaikan penelitian dan laporan ini
6. Kepada teman-teman BP 2011 (Aquatic Spartans) yang telah membantu dengan do'a dan memberi semangat untuk menyelesaikan laporan ini.
7. Sluruh pihak yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materi sehingga laporan ini dapat terselesaikan.

## RINGKASAN

**Widuri Indriyani.** Kajian Histopatologi Insang Ikan Bandeng (*Chanos Chanos*) Pada Tambak Budidaya Yang Tercemar Limbah Kadmium (Cd) Dan Timbal (Pb) Dari Limbah Industri Di Desa Patuguran, Kecamatan Rejoso, Kabupaten Pasuruan Jawa Timur **Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS** dan **Dr. Ir. Maftuch, M.Si.**

Indonesia memiliki potensi perikanan yang cukup besar, hal ini terbukti dengan banyaknya hasil perikanan dari Indonesia yang menjadi komoditi ekspor. Salah satu potensi akuakultur air payau diantaranya adalah sistem tambak yang saat ini telah dimanfaatkan 100% dan sebagian besar digunakan untuk memelihara ikan bandeng (*Chanos chanos*). Ikan bandeng atau dalam bahasa Inggris disebut *milkfish* merupakan ikan pangan yang cukup populer di kawasan Asia Tenggara. Dengan meningkatnya permintaan ikan bandeng, maka sistem budidaya yang baik perlu dikembangkan agar permintaan ikan bandeng dapat tercukupi. Namun saat ini beberapa daerah pesisir sudah banyak yang tercemar, terutama daerah pantai yang terletak di kota besar dan dekat dengan kawasan industri lingkungannya telah mengalami pencemaran seperti pencemaran logam berat. Air tambak yang terdapat di sekitar perairan Rejoso, Pasuruan, Jawa Timur, telah tercemar logam berat Hg. Perairan yang mengandung logam berat dapat mengakibatkan biota air yang hidup di dalamnya mengakumulasi logam berat dalam jaringan tubuhnya dan dapat menimbulkan kerusakan pada beberapa organ dalam ikan misalnya insang. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian histopatologi insang ikan yang dibudidaya di tambak yang tercemar limbah industri.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keadaan histopatologi insang ikan bandeng yang dibudidaya di tambak yang tercemar limbah industri.

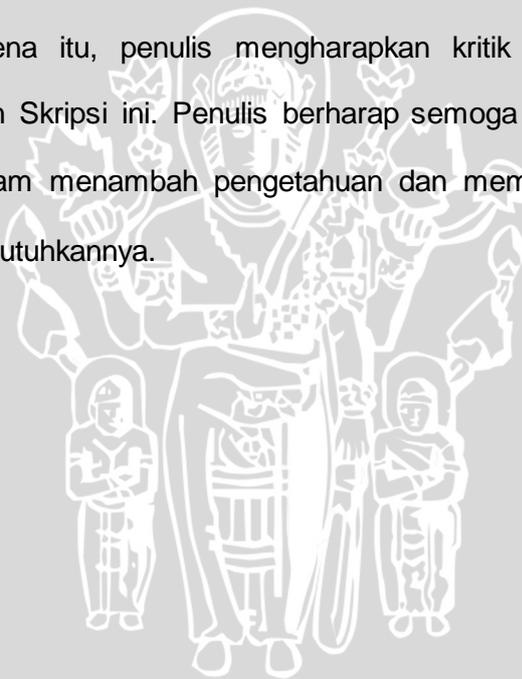
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Parameter utama dalam penelitian ini adalah tingkat kerusakan insang ikan bandeng berdasarkan nilai skoring.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan rata-rata hasil scoring kerusakan hiperplasia pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai tertinggi yakni 3,55, rata-rata hasil scoring kerusakan fusi pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai tertinggi yakni 2,66 dan rata-rata hasil scoring kerusakan fusi pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai tertinggi yakni 2,55. Kualitas air saat penelitian terdiri dari suhu sebesar 29,80C, DO sebesar 11,4 mg/L, pH sebesar 7,59 dan Amonia sebesar 0,60 mg/L.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas karunia-Nya, maka penyusunan laporan ini dapat diselesaikan. Laporan dengan judul “Kajian Histopatologi Insang Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) yang Dibudidayakan Pada Tambak yang Tercemar Limbah Industri (Kadmium dan Timbal) di Desa Patuguran Kecamatan Rejoso Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

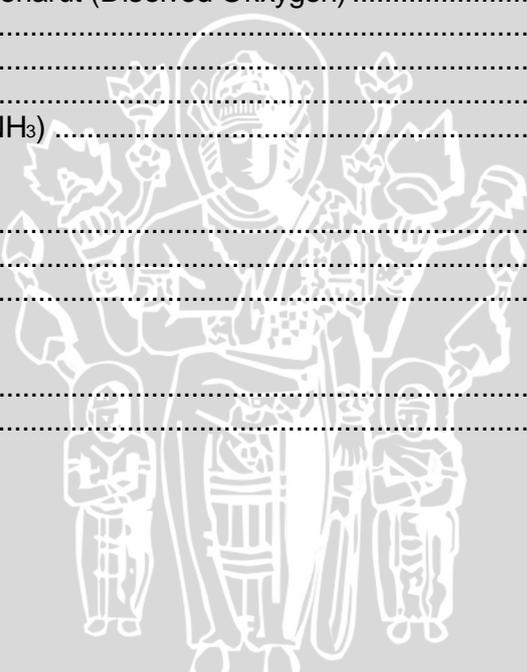
Penulis menyadari bahwa penulisan laporan skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan laporan Skripsi ini. Penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat dalam menambah pengetahuan dan memberikan informasi bagi pihak yang membutuhkannya.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iv
UCAPAN TERIMAKASIH .....	v
RINGKASAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Kegunaan .....	4
1.5 Hipotesis .....	4
1.6 Waktu dan Tempat Penelitian .....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Biologi Ikan Bandeng ( <i>Chanos chanos</i> ) .....	6
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi .....	6
2.1.2 Habitat dan Persebaran .....	7
2.2 Pencemaran Air .....	8
2.3 Karakteristik Logam Berat .....	9
2.3.1 Logam Berat Cd .....	9
2.3.2 Logam Berat Pb .....	10
2.4 Pencemaran Di Kawasan Pesisir Pasuruan .....	10
2.5 Dampak Logam Berat Terhadap Organisme Perairan .....	11
2.6 Pengamatan Histopatologi .....	12
2.7 Insang .....	13
2.7.1 Pengertian Insang .....	13
2.7.2 Fungsi Insang .....	13
2.7.3 Patologi Pada Insang .....	14
2.8 Kualitas Air .....	14
2.8.1 Suhu .....	14
2.8.2 pH .....	15
2.8.3 Oksigen (DO) .....	16
2.8.4 Salinitas .....	16
3. METODE PENELITIAN .....	18
3.1 Materi Penelitian .....	18
3.1.1 Alat .....	18

3.1.2 Bahan .....	18
3.2 Metode Penelitian .....	18
3.3 Prosedur Penelitian .....	18
3.3.1 Pengambilan Sampel .....	18
3.3.2 Pembuatan Histopatologi Insang .....	19
3.4 Parameter penelitian .....	21
3.4.1 Parameter Utama .....	21
3.4.2 Parameter Penunjang .....	21
3.5 Anilisis Data .....	22
4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	24
4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian .....	24
4.2 Histopatologi Insang Ikan Bandeng ( <i>Chanos chanos</i> ) .....	25
4.2.1 Hiperplasia .....	27
4.2.2 Fusi .....	31
4.2.3 Nekrosis .....	35
4.3 Kualitas Air pada Tambak Pemeliharaan .....	37
4.3.1 Oksigen Terlarut (Disolved Okxygen) .....	37
4.3.2 Suhu .....	38
4.3.3 pH .....	38
4.2.4 Salinitas .....	39
4.2.5 Amonia (NH <sub>3</sub> ) .....	39
5. PENUTUP .....	41
5.1 Kesimpulan .....	41
5.2 Saran .....	41
DAFTAR PUSTAKA .....	42
LAMPIRAN .....	46



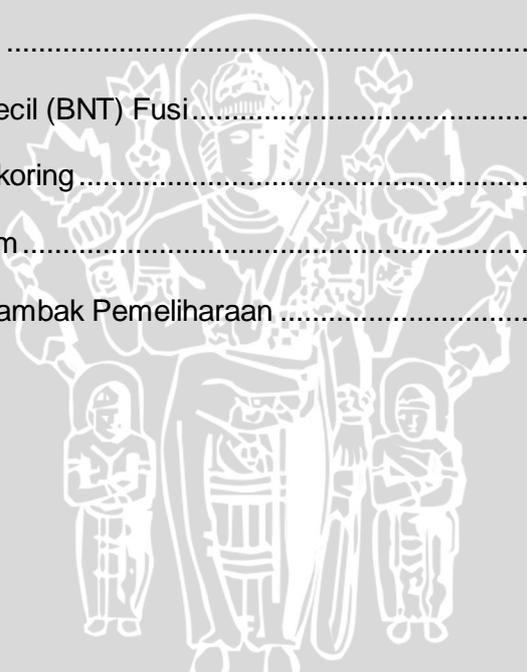
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ikan Bandeng ( <i>Chanos chanos</i> ). (Google Image, 2015) .....	6
2. Alur skoring (Siswandari, 2005) .....	22
3. Potongan Melintang Insang Ikan Bandeng. (A) Insang Ikan Normal 1. Lamella Sekunder 2. Lamella Primer (Sims, 2005 dalam Diliyana, 2008) dan (B) Insang yang Mengalami Kerusakan 1. Hiperplasia 2. Fusi dan 3 Nekrosis, gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan perbesaran 100x. ....	25
4. (A) Struktur Insang Normal (Sims, 2005 <i>dalam</i> Diliyana, 2008). (B) 1 Insang yang Mengalami Hiperplasia gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan perbesaran 100x. ....	27
5. Regresi Hubungan Lama Pemeliharaan dengan Rerata Skoring Hiperplasia .30	
6. (A) Struktur Insang Normal (Sims, 2005 <i>dalam</i> Diliyana, 2008). (B) 1, Mengalami Fusi, gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan perbesaran 100x. ....	31
7. Regresi Hubungan Lama Pemeliharaan dengan Rata-rata Skoring Fusi .....	34
8. (A) Struktur Insang Normal (Sims, 2005 <i>dalam</i> Diliyana, 2008). (B) 1 dan 2 Insang yang Mengalami Nekrosis gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan perbesaran 100x. ....	35



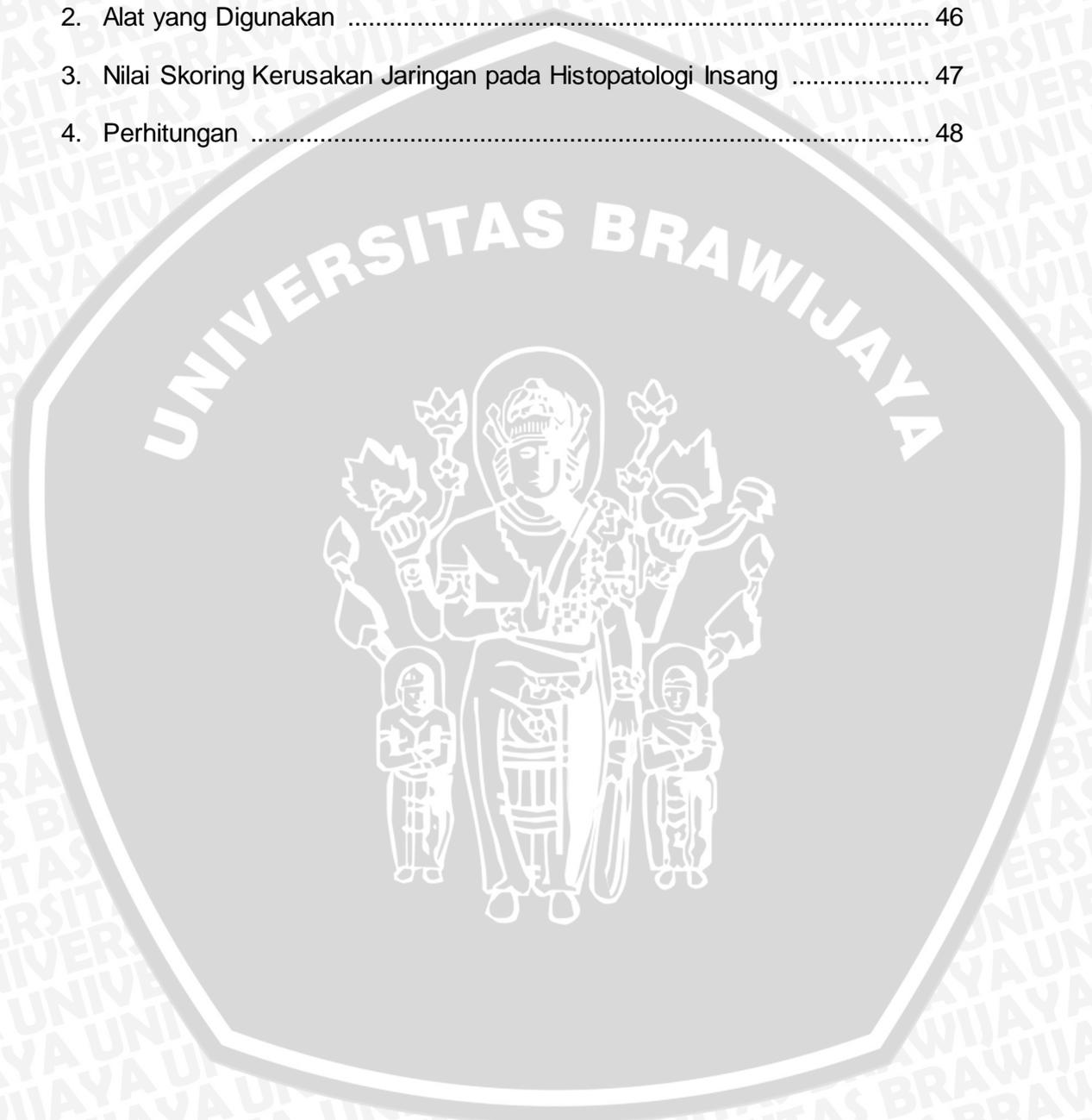
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Presentase Nilai Skoring (Pantung <i>et al.</i> , 2008) .....	23
2. Kandungan Logam Berat Pada Air dan Sedimen Tambak.....	24
3. Data Rata-Rata Nilai Skoring Hiperplasia .....	28
4. Analisa Sidik Ragam .....	29
5. Uji Beda Nyata Terkecil Hiperplasia .....	29
6. Data rata-rata nilai skoring .....	32
7. Analisa Sidik Ragam .....	33
8. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Fusi.....	33
9. Data rata-rata nilai skoring.....	36
10. Analisa Sidik Ragam.....	36
11. Kualitas Air pada Tambak Pemeliharaan .....	37



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Bahan yang Digunakan .....	45
2. Alat yang Digunakan .....	46
3. Nilai Skoring Kerusakan Jaringan pada Histopatologi Insang .....	47
4. Perhitungan .....	48



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi perikanan yang cukup besar, hal ini terbukti dengan banyaknya hasil perikanan dari Indonesia yang menjadi komoditi ekspor. Kondisi alam yang memiliki keanekaragaman wilayah fisiknya merupakan salah satu faktor pendukung yang dapat memberikan keuntungan tersendiri bagi perikanan. Potensi perikanan yang dimiliki Indonesia diantaranya adalah perikanan tangkap dan perikanan budidaya. Namun perikanan budidaya di Indonesia pemanfaatannya masih cukup rendah.

Menurut Kordi dan Tamsil (2010), pada tahun 2005 dalam menyumbang pasokan ikan dunia Indonesia berada pada urutan keempat setelah Vietnam, dengan urutan sebagai berikut: Cina 32,4 juta ton (67%), India 2,8 juta ton (6%), Vietnam 1,4 juta ton (3%), Indonesia 1,2 juta ton (2%) dan Thailand 1,1 juta ton (2%). Padahal Indonesia memiliki potensi perikanan budidaya yang sangat besar, terdiri dari perairan laut (*marine aquaculture*), perairan tawar (*freshwater aquaculture*), dan tambak/air payau (*brackishwater aquaculture*). Dengan hasil budidaya perairan mencapai 57,7 juta ton, terdiri atas 47 juta ton hasil budidaya laut, 5 juta ton budidaya tambak, dan 5,7 juta ton budidaya air tawar.

Salah satu potensi akuakultur air payau diantaranya adalah sistem tambak yang saat ini telah dimanfaatkan 100% dan sebagian besar digunakan untuk memelihara ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan udang (*Pennaeus sp.*). Salah satu produk perikanan air payau yang sering dikonsumsi masyarakat adalah ikan bandeng karena memiliki harga jual yang cukup terjangkau bagi segala lapisan masyarakat (Susanto, 2010). Ikan bandeng atau dalam bahasa Inggris disebut *milkfish* merupakan ikan pangan yang cukup populer di kawasan Asia Tenggara. Dilihat dari gizinya ikan bandeng banyak memiliki kandungan gizi yang

baik yang diperlukan oleh tubuh. Sehingga permintaan ikan bandeng cenderung meningkat (Wibowo, 2014).

Dengan meningkatnya permintaan ikan bandeng, maka sistem budidaya yang baik perlu dikembangkan agar permintaan ikan bandeng dapat tercukupi. Salah satu yang dapat mendukung sistem budidaya yang baik adalah lingkungan yang baik pula, dimana dalam lingkungan tersebut adalah lingkungan yang bebas dari berbagai pencemaran yang dapat mengganggu kestabilan lingkungan.

Namun saat ini beberapa daerah pesisir sudah banyak yang tercemar. Menurut Ningrum (2006), di beberapa daerah terutama daerah pantai yang terletak di kota besar dan dekat dengan kawasan industri lingkungannya telah mengalami pencemaran seperti pencemaran logam berat dan akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya industri tersebut. Hal ini menyebabkan penurunan kualitas lingkungan yang akan berimbas terhadap usaha budidaya, terutama yang terletak dikawasan pesisir seperti kawasan pertambakan.

Fitriyah (2007), menyatakan bahwa air laut disekitar pantai Lekok yang menjadi muara dari sungai Rejoso mengandung logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb). Menurut Diliyana (2008), jika dibandingkan dengan baku mutu pada perairan, air tambak yang terdapat di sekitar perairan Rejoso, Pasuruan, Jawa Timur, telah tercemar logam berat Hg. Hal ini disebabkan adanya industri-industri yang terdapat dikawasan tersebut yang membuang limbahnya kesungai Rejoso tanpa pengolahan terlebih dahulu. Beberapa pabrik yang terdapat di sekitar Kecamatan Reoso diantaranya adalah Pabrik Cheil Samsung Indonesia (pabrik ini memproduksi pupuk cair dan MSG), PT. Cheil Jedang Indonesia (pabrik ini memproduksi MSG) dan PGLTU (pembangkit listrik dengan menggunakan uap). Sedangkan tambak-tambak yang terdapat di daerah rejoso rata-rata mendapat pasokan air tawar dari sungai tersebut, dan sungai merupakan sumber pembawa

berbagai limbah, baik limbah padat dan limbah cair industri maupun rumah tangga.

Salah satu bahan pencemar yang berbahaya adalah logam berat, karena bersifat toksik. Komponen–komponen anorganik seperti logam berat seringkali mencemari air karena penggunaannya dalam kegiatan industri. Beberapa logam berat yang sering mencemari lingkungan diantaranya adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), cadmium (Cd), chromium (Cr) dan nikel (Ni). Logam-logam berat tersebut dapat terakumulasi sebagai racun di dalam tubuh suatu organisme jika organisme tersebut terus terpapar air yang mengandung logam berat (Fardiaz, 1992).

Perairan yang mengandung logam berat dapat mengakibatkan biota air yang hidup di dalamnya mengakumulasi logam berat dalam jaringan tubuhnya. Semakin tinggi kandungan logam berat dalam suatu perairan akan menyebabkan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh biota air. Logam berat tidak hanya terakumulasi di dalam jaringan tubuh ikan, bahkan pada tumbuhan air dan fitoplanktonpun juga dapat terakumulasi logam berat melalui proses bioakumulasi. Hal ini menyebabkan akumulasi logam berat dalam jaringan ikan semakin tinggi pula dikarenakan ikan tersebut memakan fitoplankton. Pemaparan logam berat dapat menimbulkan kerusakan pada beberapa organ dalam ikan misalnya insang, karena insang merupakan alat pernafasan yang berhubungan langsung dengan air (Ningrum, 2006).

Oleh karena itu perlu dilakukan kajian histopatologi insang ikan yang dibudidayakan di tambak yang tercemar limbah industri, untuk mengetahui bagaimana keadaan insang ikan yang dipelihara di tambak yang tercemar limbah industri yang mengandung logam berat.

## 1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang sering dihadapi para pembudidaya ikan Bandeng adalah seringnya terjadi kematian ikan - ikan yang dipelihara. Umumnya hal tersebut disebabkan oleh pengaruh lingkungan yakni kualitas air yang tidak baik, hal ini biasanya disebabkan oleh masuknya polutan atau bahan pencemar terutama logam berat kedalam tambak yang menyebabkan gangguan atau kerusakan pada organ-organ dalam ikan seperti insang. Sehingga perlu dilakukan kajian tentang histopatologi yang diharapkan dapat digunakan sebagai acuan yang cukup untuk menarik kesimpulan tentang keadaan histopatologi insang ikan bandeng yang dibudidayakan di tambak yang tercemar. Perumusan masalah dalam penelitian ini antara lain adalah:

- a. Bagaimana keadaan histopatologi insang ikan bandeng yang dibudidaya di tambak yang tercemar limbah industri (Kadmium dan Timbal)?

## 1.3 Tujuan

Tujuan peneitian ini adalah, untuk mengetahui keadaan histopatologi insang ikan bandeng yang dibudidaya di tambak yang tercemar Kadmium dan Timbal dari limbah industri.

## 1.4 Kegunaan

Diadakannya penelitian ini agar didapatkan informasi mengenai keadaan histopatologi insang ikan Bandeng yang di budidaya di tambak yang tercemar kadmium dan timbal dari limbah industri.

## 1.5 Hipotesis

$H_0$ : Diduga Kadmium dan Timbal dari limbah industri tidak memberikan pengaruh terhadap keadaan histopatologi insang ikan bandeng (*Chanos chanos*).

H<sub>1</sub>: Diduga Kadmium dan Timbal dari limbah industry memberikan pengaruh terhadap keadaan histopatologi insang ikan bandeng (*Chanos chanos*).

### 1.6 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di tambak bandeng yang terletak di Desa Patuguran, Kecamatan Rejoso, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur pada bulan Mei – Juni 2015. Pembuatan preparat histopatologi dilakukan di Laboratorium Histologi Kedokteran Rumah Sakit Saiful Anwar Malang dan pengamatan preparat dilakukan di Laboratorium Fisiologi Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

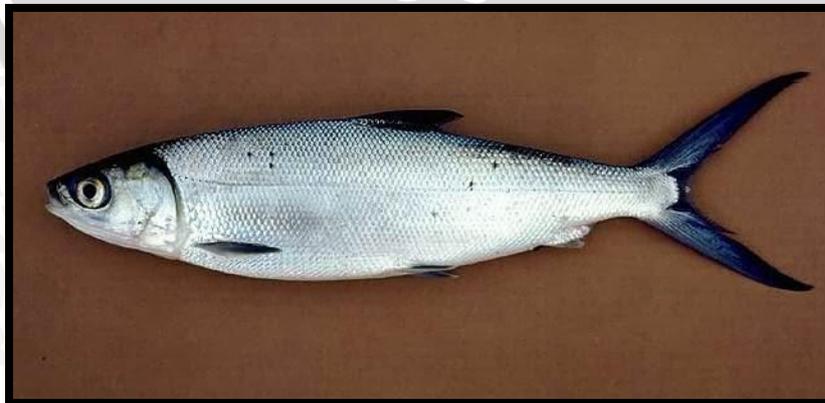
### 2.1 Biologi Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

#### 2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Menurut Saarin (1984) dalam Susanto (2010), klasifikasi dari ikan bandeng adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Chordata
Sub phylum	: Vertebrata
Class	: Pisces
Sub class	: Teleostei
Ordo	: Malacopterygii
Family	: Chanidae
Genus	: <i>Chanos</i>
Species	: <i>Chanos chanos</i> Forsk

Menurut Novianto (2015), secara morfologi ikan bandeng memiliki kepala mengecil dibandingkan dengan lebar dan panjang badannya. Sisik ikan bandeng yang masih hidup berwarna perak mengkilap dan terdapat pada seluruh tubuhnya. Pada bagian punggungnya berwarna kehitaman atau hijau kekuningan dan bagian perutnya berwarna perak. Ikan bandeng dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ikan Bandeng (*Chanos chanos*). (Google Image, 2015)

Ikan bandeng memiliki tubuh pipih memanjang berbentuk torpedo. Mulut ikan bandeng agak meruncing serta memiliki ekor yang bercabang serta bersisik halus (Tim Perikanan WWF- Indonesia, 2014). Hal yang sama juga dikemukakan oleh Susanto (2010), bahwa tubuh ikan bandeng memanjang, padat, kepala tanpa sisik, mulut kecil terletak di depan, mata diselimuti selaput bening (*subcutaneous*). Sirip dorsal terletak jauh di belakang operculum, sirip anal terletak di belakang sirip punggung dekat dengan anus dan sirip caudal berbentuk simetris.

### 2.1.2 Habitat dan Persebaran

Menurut Mansyur dan Monek (2003), habitat asli dari ikan bandeng adalah di laut, namun seiring perkembangan teknologi ikan bandeng dapat dipelihara di lingkungan yang luas yakni meliputi perairan payau, muara sungai dan laut. Ikan bandeng termasuk kedalam ikan yang memiliki toleransi terhadap salinitas yang luas atau sering disebut euryhaline. Selain itu ikan bandeng juga memiliki toleransi terhadap perubahan kondisi lingkungan yang ekstrim.

Ikan bandeng banyak ditemukan disekitar perairan Samudra Hindia dan Samudra Pasifik, hidup secara berkelompok dan sering ditemukan hidup di sekitar pulau-pulau yang memiliki dasar berkarang. Pada masa muda, ikan bandeng berada di laut selama 2-3 minggu kemudian pindah ke rawa-rawa bakau atau daerah payau untuk tumbuh. Setelah dewasa ikan bandeng kembali ke laut untuk melakukan pemijahan atau berkembang biak (Tim Perikanan WWF- Indonesia, 2014).

Menurut Novianto (2015), daerah persebaran ikan bandeng adalah disekitar laut tropic Indo Pasifik dan lebih dominan di daerah Asia. Untuk kawasan Asia Tenggara ikan bandeng banyak ditemukan di perairan Burma, Thailand, Vietnam, Philipina, Malaysia dan Indonesia. Secara umum ikan bandeng tersebar antara Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Persebaran ikan

bandeng dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, diantaranya phase bulan, pasang surut, arus dan kelimpahan plankton. Ikan bandeng hidup di perairan pantai, muara sungai, daerah estuari, lagoon dan daerah genangan pasang surut. Induk bandeng sering ditemui berkelompok pada jarak yang tidak terlalu jauh dari pantai yang memiliki perairan jernih pada saat musim pemijahan.

## 2.2 Pencemaran Air

Pencemaran air adalah masuknya komponen lain ke dalam air akibat kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun pada keadaan tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi sebagaimana mestinya. (Peraturan Pemerintah No 82, 2001). Menurut Agustiningsih (2012), air dikatakan tercemar apabila kualitasnya turun sampai pada tingkat tertentu dikarenakan kadar zat atau energi yang berada pada air tersebut melebihi kadar yang mampu ditoleransi keberadaanya. Sehingga air dikatakan telah melebihi baku mutu yang ditetapkan yang menyebabkan air tersebut tidak dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Menurut Herlambang (2006), pencemaran air bisa terjadi akibat sengaja ataupun tidak sengaja dari kegiatan manusia. Karena rendahnya kesadaran masyarakat membuang kotoran maupun sampah ke dalam sungai akan mempercepat laju pencemaran. Selain itu, buangan limbah industri yang langsung dibuang ke perairan tanpa melalui proses pengolahan juga menjadi salah satu penyebab pencemaran di perairan.

Salah satu pencemaran pada perairan adalah masuknya logam berat ke dalam badan air. Masuknya logam berat ke dalam perairan dapat menurunkan potensi sumberdaya hayati. Biota air yang hidup di lingkungan yang tercemar dapat mengakumulasi logam berat tersebut dalam jaringan tubuhnya (Prabowo, 2005). Penyebab utama logam berat menjadi salah satu bahan pencemar yang berbahaya adalah karena logam berat tidak dapat dihancurkan oleh organisme

yang hidup di lingkungan tersebut dan logam berat juga terakumulasi ke dalam lingkungan yakni dengan mengendap di dasar perairan dan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik secara adsorpsi. Beberapa logam berat yang cukup berbahaya diantaranya adalah merkuri (Hg), Cadmium (Cd) dan plumbum (Pb), logam-logam berat tersebut biasanya dihasilkan dari kegiatan industri (Rohcyatun dan Rozak, 2007).

## **2.3 Karakteristik Logam Berat**

### **2.3.1 Logam Berat Cd**

Cadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat non esensial yang kehadirannya di dalam tubuh menyebabkan perubahan biokimia bahkan pada tingkat yang tinggi dapat pula menyebabkan perubahan neurologis. Sumber utama logam pencemar adalah proses yang berhubungan dengan logam berat seperti ekstraksi logam, pertambangan, peleburan dan pemurnian logam. Sumber lain adalah fosil bahan bakar seperti batu bara dan minyak bumi. Sumber yang paling banyak adalah hasil sampingan dari kegiatan industri yang memproduksi produk yang mengandung logam dalam berbagai bentuk (Khan dan Qayyum, 2002).

Cd merupakan polutan yang beracun bagi manusia, hewan dan tumbuhan. Cd biasanya masuk ke dalam lingkungan terutama akibat dari proses industri dan pertanian yang menggunakan pupuk yang mengandung fosfat. Efek yang ditimbulkan tergantung dari lamanya pemaparan, konsentrasi logam berat yang ada dan pengobatan yang dilakukan (Sandalio *et al.*, 2001). Cadmium memberikan efek yang tidak baik bagi fungsi organ ginjal, selain itu cadmium juga meningkatkan resiko kanker karena produksi radikal bebas (Patrick, 2003).

### 2.3.2 Logam Berat Pb

Salah satu logam berat yang dapat menyebabkan pencemaran terhadap perairan adalah Timbal (Pb). Suatu perairan yang tercemar oleh Pb akan memberikan dampak buruk pada organisme perairan. Logam berat Pb masuk ke dalam tubuh organisme melalui beberapa cara, diantaranya melalui rantai makanan, insang atau difusi permukaan kulit yang mengakibatkan logam tersebut terserap dalam jaringan tubuh dan tertimbun dalam jaringan tersebut. Pada konsentrasi tertentu, kandungan logam berat akan dapat merusak organ-organ dalam jaringan tubuh (Palar, 1994 dalam Triandayani *et al.*, 2010).

Timbal merupakan salah satu unsur non esensial bagi makhluk hidup, bahkan bersifat toksik karena dapat terakumulasi pada tulang. Namun, toksisitas timbal cenderung lebih rendah dibandingkan dengan unsur yang lainnya seperti cadmium (Cd), merkuri (Hg), dan tembaga (Cu), tetapi lebih tinggi daripada kromium (Cr), mangan (Mn), barium (Br), zinc (Zn) dan besi (Fe). Toksisitas timbal pada organisme akuatik dapat berkurang dengan meningkatnya kesadahan dan kadar oksigen terlarut, dalam hal ini timbal dapat menutupi lapisan mukosa dan selanjutnya dapat mengakibatkan sookasi (Efendi, 2003).

### 2.4 Pencemaran Di Kawasan Pesisir Pasuruan

Pemanfaatan sumberdaya pesisir di Kota Pasuruan berpotensi menimbulkan permasalahan dalam pemanfaatan ruang oleh berbagai pemangku lahan (*stakeholders*). Karena pada prinsipnya pengolahan berkenaan dengan faktor lingkungan ekologis, lingkungan ekonomi dan lingkungan sosial yang saling berkaitan (Dahuri, 2000). Beberapa pabrik yang terdapat di sekitar Kecamatan Reoso diantaranya adalah Pabrik Cheil Samsung Indonesia (pabrik ini memproduksi pupuk cair dan MSG), PT. Cheil Jedang Indonesia (pabrik ini

memproduksi MSG) dan PGLTU (pembangkit listrik dengan menggunakan uap) (Diliyana, 2008).

Semakin padat kegiatan industri, menyebabkan semakin banyak pula bahan buangan yang dihasilkan. Dengan demikian lingkungan semakin berpotensi tercemar oleh bahan buangan tersebut (Anwar *et al.*, 2008). Daerah yang rawan mengalami pencemaran terutama oleh limbah industri adalah kawasan pesisir. Menurut Indawan *et al.*, (2012), kawasan pesisir di Desa Tambak Lekok, Kecamatan Lekok Kabupaten Pasuruan terdeteksi telah terjadi pencemaran pada beberapa sungai diantaranya Sungai Porangan, Sungai Gombal, Sungai Kacar dan Sungai Krondo. Bahkan logam berat Timbal (Pb) pada Sungai Gombal, Sungai Kacar dan Sungai Krondo berturut-turut adalah 5,98; 7,24; dan 6,43 mg/kg.

### **2.5 Dampak Logam Berat Terhadap Organisme Perairan**

Menurut Ningrum (2006), organisme perairan yang hidup di lingkungan yang tercemar logam berat akan mengakumulasi logam berat tersebut dalam jaringan tubuhnya. Semakin tinggi kandungan logam berat yang ada dalam perairan maka akan semakin tinggi pula kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tubuh organisme tersebut. Organ yang langsung mengalami kontak dengan bahan pencemar adalah insang, kontak tersebut terjadi pada saat respirasi karena insang bersentuhan langsung dengan air yang mengandung bahan pencemar. Pada konsentrasi tertentu logam berat akan mengakibatkan kerusakan pada insang berupa edema sel epitel dan lepasnya sel epitel dari jaringan di bawahnya.

Selain insang, jaringan tubuh ikan yang dapat mengakumulasi logam berat adalah daging. Akumulasi logam berat dalam jaringan tubuh ikan dipengaruhi oleh adanya kandungan logam berat dan lama waktu pemaparan dengan

organisme yang ada dalam perairan tersebut. Sekali logam berat masuk ke dalam tubuh ikan maka akan disebarkan ke seluruh tubuh melalui aliran darah, dengan waktu pemaparan yang cukup lama maka logam berat akan ditransportasikan ke dalam otot. Penimbunan logam berat dalam tubuh ikan berlangsung sedikit demi sedikit, dan jika ikan itu dikonsumsi manusia maka secara otomatis logam berat akan tertimbun pula dalam tubuh manusia. Jika hal ini terjadi secara terus menerus maka manusia akan mengalami keracunan (Prabowo, 2005).

## 2.6 Pengamatan Histopatologi

Histologi merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari jaringan penyusun tubuh dengan metode analitik mikroskopik dan kimia. Metode fisi yang sering digunakan adalah mikroskop interfrensi yakni dengan penentuan masa sel atau jaringan dan mikroskop spektrofotometri untuk menentukan jumlah DNA dan RNA dalam sel (Harjana, 2011).

Pemeriksaan histopatologi dapat memberikan gambaran perubahan pada jaringan ikan yang terkena penyakit atau gangguan lainnya. Untuk menentukan penyakit pada ikan diagnose merupakan langkah awal yang perlu dilakukan. Pada proses ini terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya adalah tanda-tanda klinis yang meliputi tingkah laku, ciri-ciri eksternal maupun internal serta perubahan patologi. Untuk mengetahui perubahan jaringan pada ikan yang terserang penyakit perlu dilakukan pemeriksaan histologi untuk mendeteksi adanya kelainan melalui pengamatan secara mikro anatomi terhadap perubahan abnormal tingkat jaringan (Asniatih, 2013).

## 2.7 Insang

### 2.7.1 Pengertian Insang

Insang merupakan organ pernafasan yang bersentuhan langsung dengan badan air. Menurut Saputra *et al.*, (2013), insang merupakan organ respirasi utama yang bekerja dengan berdifusi permukaan dengan gas-gas respirasi (oksigen dan karbondioksida). Perubahan dalam perairan baik secara langsung maupun tidak langsung akan berpengaruh terhadap struktur dan fungsi insang serta hemoglobinnya.

*Branchia* atau insang merupakan organ pernafasan yang tipis, basah, permeable dan berhubungan dengan lingkungan melalui proses respirasi atau pertukaran gas. Selain sebagai tempat respirasi *branchia* juga berfungsi untuk keperluan lain misalnya ekskresi, pengaturan tekanan osmosis dan makan dengan cara penyaringan (Ville *et al.*, 1999).

### 2.7.2 Fungsi Insang

Insang pada ikan adalah tempat terjadinya proses fisiologi yang berperan dalam mempertahankan keseimbangan sistemik untuk menghadapi perubahan lingkungan (misalnya salinitas). Epitel pada insang berfungsi menyeimbangkan transport pasif air dan zat terlarut di jaringan (berkoordinasi dengan usus dan ginjal). Selain itu, insang juga berfungsi sebagai organ pernafasan atau pertukaran gas. Fungsi yang banyak dari insang perlu dikendalikan dan dikoordinasi oleh saraf pusat, endokrin dan jalur isyarat parakrin yang diekspresikan secara fungsional (Evans *et al.*, 2005).

Insang merupakan alat pernafasan utama pada ikan, karena insang merupakan komponen penting dalam pertukaran gas, insang berfungsi mengambil oksigen dari atas permukaan air. Bagian dari insang yang merupakan tempat pertukaran gas adalah lamella, untuk ini struktur lamella ditunjang dengan susunan sel-sel epitel yang tipis pada bagian luar, membran dasar dan sel-sel

sebagai penyangga bagian dalam. Pinggiran lamella yang tidak menempel pada lengkung insang sangat tipis, ditutupi oleh epitelium yang mengandung jaringan pembuluh kapiler. Selain sebagai alat pernafasan, insang juga berperan dalam proses osmoregulasi, sel-sel yang berperan adalah chloride yang terletak pada lamella insang (Fujaya, 2002).

### 2.7.3 Patologi Pada Insang

Ikan bandeng yang terpapar logam berat biasanya mengalami perubahan bentuk dan kerusakan pada lamella insang, diantaranya mengalami hipertropi, hiperplasia, atrofi, pengangkatan epitel, patahan lamella, penggabungan lamella (fusi), edema dan kongesti. Kerusakan yang terjadi tergantung dari besarnya paparan logam berat yang terjadi, pada konsentrasi rendah kerusakan yang banyak terjadi adalah hipertropi, hiperplasia, dan atrofi pada epitelium membran lamella. Pada konsentrasi pemaparan yang lebih tinggi jenis responnya berkurang namun tingkat kerusakannya semakin tinggi. Perubahan patologi telah digunakan secara luas dalam mengevaluasi kerusakan pada kesehatan ikan yang terpapar oleh berbagai kontaminan (Alifia, 2013).

Logam berat akan menyebabkan kerusakan jaringan pada insang, pada konsentrasi  $PbCl_2$  kerusakan yang terjadi adalah hiperplasia, fusi dan nekrosis. Semakin lama ikan terpapar zat tersebut maka kejadian patologi akan semakin besar pula. Hal ini menyebabkan fungsi insang menjadi tidak wajar dan mengganggu proses respirasi, sehingga mengakibatkan gangguan pernafasan dan akhirnya menyebabkan kematian (Rennika *et al.*, 2013).

## 2.8 Kualitas Air

### 2.8.1 Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter kualitas air yang paling penting diantara faktor-faktor eksternal yang lainnya yang mempengaruhi produksi ikan.

Di daerah tropis biasanya produktifitas lebih tinggi karena memiliki suhu yang lebih hangat dengan karena ritme produksi lebih sering di wilayah tropis dan bisa memelihara ikan sepanjang tahun. Suhu yang paling menguntungkan untuk pertumbuhan ikan adalah antara 20-30<sup>o</sup> C, dan yang paling optimal adalah antara 25 – 28<sup>o</sup> C (Huet, 1997).

Suhu optimal untuk pemeliharaan ikan bandeng adalah pada kisaran 26,5 – 31<sup>o</sup> C (KKP, 2011). Pada suhu tersebut ikan bandeng akan tumbuh dan berkembang biak dengan baik. Menurut Efendi (2003), pada kisaran suhu tersebut plankton dapat tumbuh dengan baik sehingga dapat dimanfaatkan oleh ikan bandeng. Selain itu, pada suhu yang tinggi organisme akuatik akan mengalami peningkatan metabolisme yang dalam hal ini juga akan mempengaruhi kandungan oksigen terlarut dalam perairan yang akan turun seiring dengan meningkatnya suhu. Dengan demikian jika suhu suatu perairan tinggi maka kandungan oksigen terlarutnya akan turun atau rendah.

### **2.8.2 pH**

Derajat keasaman atau sering disebut pH biasanya digunakan untuk menentukan keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh air. Menurut Riyadi (1984), keasaman air merupakan kemampuan kuantitatif (banyaknya asam) untuk menetralkan basa kuat sampai pH yang dikehendaki. Sedangkan kebasaaan air merupakan kemampuan kuantitatif (banyaknya basa) untuk menetralkan asam kuat ke pH yang dikehendaki.

Derajat keasaman atau pH merupakan hasil interaksi berbagai zat dan bahan biologi dalam air. Yang paling penting adalah stabilitas dari pH, karena sebagian besar hewan air tidak dapat dengan mudah menyesuaikan diri dengan nilai pH yang tiba-tiba melonjak. Nilai pH bervariasi antara 0 – 14, jika nilai pH adalah 7 maka air tersebut bersifat netral, jika nilainya lebih dari 7 maka air tersebut bersifat basa dan jika nilainya kurang dari 7 maka air tersebut bersifat

asam (Huet, 1997). Untuk ikan bandeng kisaran pH yang optimum adalah 6,5 – 8,5 (KKP 2011).

### 2.8.3 Oksigen (DO)

Kandungan oksigen terlarut tergantung pada suhu air kolam, selain itu juga tergantung pada jumlah bahan organik yang ada. Jumlah tanaman air juga tidak boleh terlalu banyak karena dapat menyebabkan kandungan oksigen terlarut turun hingga dibawah 5,5 mg. Pada umumnya untuk family ciprinids kandungan oksigen terlarutnya harus berkisar antara 6-7 mg/L. Spesies lain seperti cichlids silurids bahkan bias menahan kandungan oksigen terlarut lebih rendah (Huet, 1997).

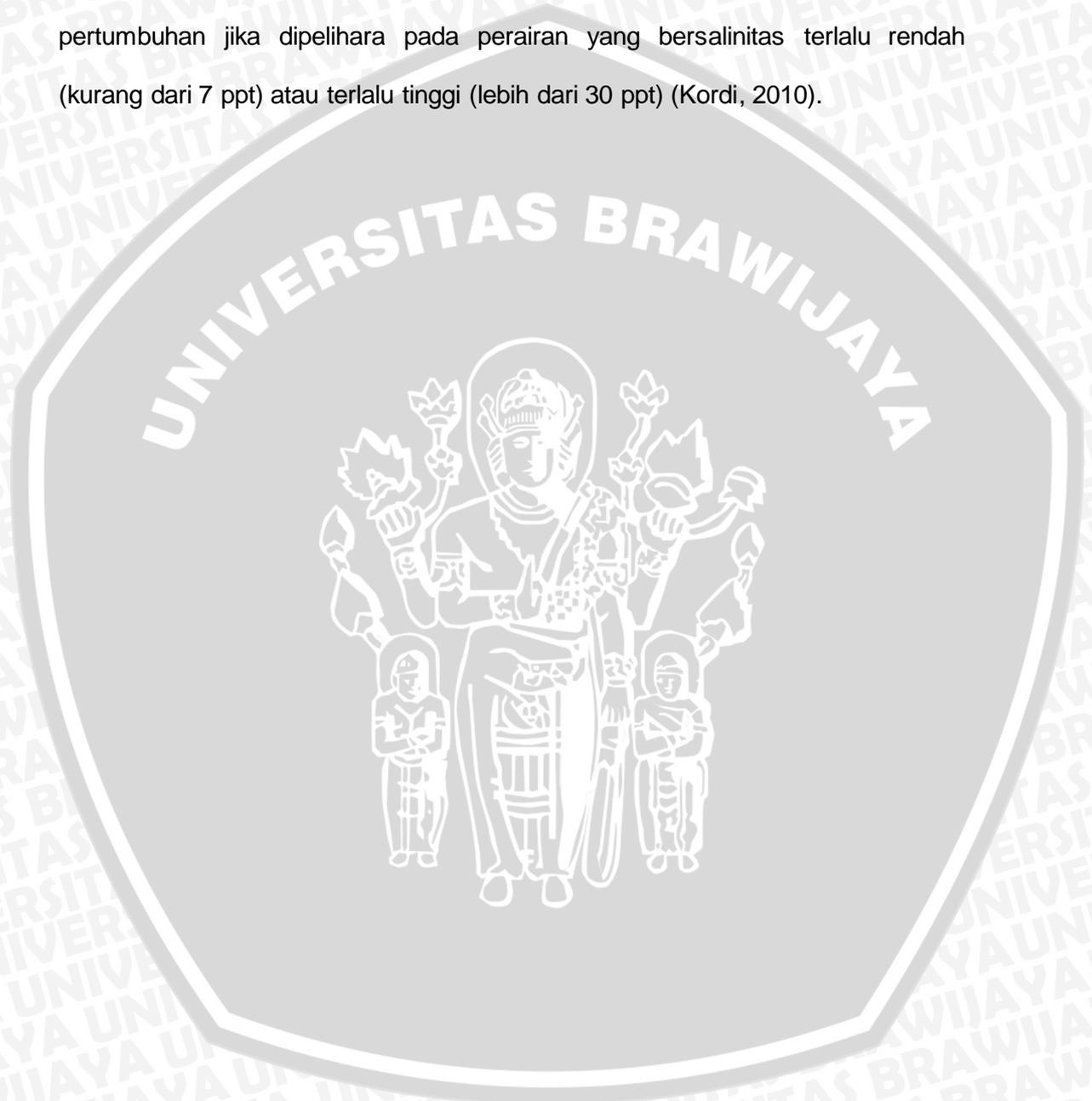
Oksigen terlarut atau DO yang optimum untuk ikan bandeng adalah 3,0 – 8,5 ppm (KKP, 2011). Menurut Efendi (2003), perairan yang digunakan untuk budidaya perikanan setidaknya memiliki kadar oksigen tidak kurang dari 5 mg/l. oksigen terlarut yang kurang dari 5 mg/l akan menimbulkan efek yang kurang menguntungkan bagi hampir semua organisme akuatik. Kandungan oksigen dalam suatu perairan tidak lepas dari pengaruh parameter lain, seperti karbondioksida, alkalinitas, suhu, pH dan lain-lain.

### 2.8.4 Salinitas

Salinitas merupakan kadar garam yang dimiliki suatu perairan. Rata-rata konsentrasi garam terlarut di lautan (S) adalah 3,5 terhadap berat atau dengan bagian per seribu menjadi 35 ppt. Di permukaan laut, kisaran salinitas antara 33-37, tetapi kondisi secara umum adalah antara 28-40 ppt bahkan lebih. Salinitas yang dimiliki air payau adalah kurang dari 25 ppt, sedangkan perairan yang hipersalinitas adalah lebih besar dari 40 ppt (Anonymous<sup>a</sup>, 2007).

Salinitas optimal yang harus dipertahankan pada tambak berbeda-beda, tergantung pada jenis ikan yang dibudidayakan. Namun untuk semua jenis ikan

yang dibudidayakan di tambak (bandeng, baronang, kakap, nila dan kerapu) mampu hidup pada kisaran salinitas 10-35 ppt. Ikan bandeng, kakap dan baronang lebih cocok hidup pada perairan payau atau yang memiliki kisaran salinitas antara 10-20 ppt. Ikan-ikan tersebut akan mengalami gangguan pertumbuhan jika dipelihara pada perairan yang bersalinitas terlalu rendah (kurang dari 7 ppt) atau terlalu tinggi (lebih dari 30 ppt) (Kordi, 2010).



### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

##### 3.1.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian tentang Kajian Histopatologi Isang Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Pada Tambak Budidaya yang Tercemar Limbah Industri (Cd dan Pb) antara lain adalah sectio set, botol sampel, pH meter, DO meter, thermometer dan refraktometer.

##### 3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian tentang Kajian Histopatologi Isang Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Pada Tambak Budidaya yang Tercemar Limbah Industri (Cd dan Pb) antara lain adalah larutan Davidson, sampel air, sampel sedimen dan sampel insang ikan bandeng.

#### 3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif, dimana menurut Laili (2011), metode deskriptif adalah pengambilan data dengan cara mendeskripsikan suatu gejala, peristiwa dan kejadian-kejadian sekarang. Metode deskriptif memusatkan perhatian pada masalah-masalah aktual sebagaimana adanya saat pengambilan data. Sedangkan menurut Anita *et al.*, (2012), metode dekriptif biasanya digunakan dengan memberikan gambaran secara khusus berdasarka fakta yang ada, yaitu yang berusaha mendeskripsikan dan menginterpretasikan sesuatu.

#### 3.3 Prosedur Penelitian

##### 3.3.1 Pengambilan Sampel

Sampel air diambil secara langsung kemudian ditempatkan pada botol air mineral 600 ml, air yang diambil adalah air permukaan dan air yang diperoleh

diletakan pada *coolbox* untuk kemudian dianalisis di laboratorium. Sampel air yang diambil adalah tempat dimana terdapatnya ikan bandeng. Pengambilan sampel ikan dilakukan dengan menggunakan jaring. Sampel yang diambil adalah ikan bandeng dengan lama pemeliharaan yang berbeda, yakni ikan setelah dipelihara 1 bulan, setelah dipelihara 2 bulan dan setelah dipelihara 3 bulan dengan ukuran yang sama pada lama pemeliharaan. Sampel ikan tersebut diletakan pada *coolbox* untuk kemudian dibawa ke laboratorium dan diambil insangnya. Sebagai data penunjang dilakukan pengukuran kualitas air diantaranya suhu, DO, pH, salinitas dan Amonia.

### 3.3.2 Pembuatan Histopatologi Insang

Ikan yang telah diperoleh kemudian diambil sampel insang untuk diamati histopatologinya. Sampel insang dimasukan ke dalam botol sampel dan diberi larutan fiksasi yaitu larutan Davidson karena hasil fiksasi dari larutan Davidson lebih baik jika dibandingkan dengan Formalins, dilanjutkan dengan pembuatan preparat untuk histopatologi dan pengamatan preparat hasil histopatologi. Tahapan pembuatan histopatologi pada jaringan insang adalah sebagai berikut:

#### a. Tahap Fiksasi

Sampel insang ikan yang akan diamati jaringannya diiris dengan ukuran 2 x 2 cm. Jaringan tersebut kemudian direndam dalam larutan buffer yaitu formalin 10% selama 24 jam.

#### b. Tahap Dehidrasi

Tahap dehidrasi dilankukan dengan penarikan air secara bertahap menggunakan alat auto technicon selama 20 jam. Tabung auto tecnicon terdiri atas alkohol 70% selama 1 jam, alkohol 80% selama 1 jam, alkohol 90% selama 2 jam, alkohol absolute 1 selama 2 jam dan alkohol absolute 2 selama 2 jam.

**c. Tahap Clearing**

Tahap clearing bertujuan untuk mentransparankan serta menggantikan larutan alkohol dari jaringan. Dilakukan dengan mencelupkan sampel ke dalam larutan xylol 1 selama 1 jam, xylol 2 selama 2 jam dan xylol 3 selama 2 jam.

**d. Tahap Impregnasi**

Tahap impregnasi bertujuan untuk menyamakan keadaan jaringan dengan bahan pengeblokan dengan (embedding). Dilakukan dengan mencelupkan bahan ke paraffin cair dengan suhu 56-60° C selama 2 jam, kemudian dilanjutkan dengan mencelupkan kembali ke dalam paraffin cair dengan suhu 56-60° C selama 2 jam

**e. Tahap EMBEDING**

Tahap ini bertujuan untuk memudahkan penyayatan dengan menggunakan mikrotom. Setelah penyayatan bahan yang sudah diblok selesai, langkah berikutnya adalah memasukan hasil sayatan ke dalam waterbath (temperatur 40° C), kemudian pilih hasil sayatan yang terbaik dan disiapkan objek glass (untuk persiapan pewarnaan HE) sebelumnya objek glass harus diolesi perekat polyisin. Berikutnya, sampel dikeringkan pada oven dengan suhu 50-60° C kurang lebih selama 30 menit.

**f. Teknik Pewarnaan dengan Menggunakan HE**

Pewarnaan dengan menggunakan HE dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

- Deparafinisasi : Dilakukan dengan memasukkan hasil sayatan jaringan berturut-turut ke dalam xylol 1 selama 5 menit, xylol 2 selama 5 menit dan xylol 3 selama 5 menit.
- Hidrasi: Dilakukan dengan memasukan hasil sayatan berturut-turut ke dalam alkohol absolute selama 4 menit, alkohol 96% selama 3 menit, alkohol 90%

selama 3 menit, alkohol 80% selama 2 menit, alkohol 70% selama 2 menit, terakhir sampel dimasukkan ke dalam air mengalir selama 10 menit.

- Cat utama: Dilakukan dengan menambahkan pewarna hematoksilin selama 5 menit dan eosin 1% selama 3-5 menit.
- Dehidrasi : Dilakukan dengan memasukan hasil sayatan jaringan ke dalam alkohol 70% selama 2 menit, alkohol 80% selama 2 menit, alkohol 90% selama 3 menit, alkohol 96% selama 4 menit dan alkohol absolute selama 5 menit.
- Clearing: Dilakukan dengan memasukan hasil sayatan jaringan ke dalam xylol 1 selama 5 menit, xylol 2 selama 5 menit dan xylol 3 selama 5 menit.

#### **g. Teknik Mounting**

Preparat dilem dengan menggunakan DPX mouting medium, kemudian ditutup dengan cover glass jangan sampai terjadi gelembung. Preparat dibiarkan dalam suhu ruangan sampai lem mengering kemudian diamati dibawah mikroskop. Dengan pewarnaan HE, inti yang bersifat asam akan berwarna ungu tua oleh hematoksilin yang bersifat basa, sedangkan sitoplasma yang bersifat basa akan berwarna merah oleh eosin yang bersifat asam.

### **3.4 Parameter penelitian**

#### **3.4.1 Parameter Utama**

Parameter utama dalam penelitian ini adalah tingkat kerusakan insang ikan bandeng yang dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industry berdasarkan nilai skoring. Dimana dilakukan pengamatan lamella per insang pada mikroskop dengan perbesaran 400x.

#### **3.4.2 Parameter Penunjang**

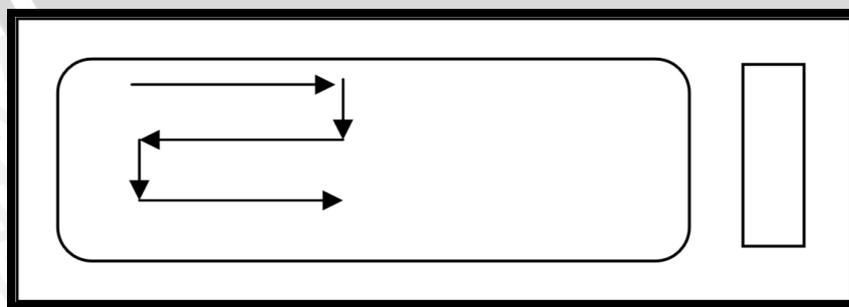
Parameter penunjang pada penelitian ini adalah pengukuran kualitas air meliputi suhu diukur menggunakan termometer, oksigen terlarut diukur

mnggunakan DO meter, pH diukur menggunakan pH meter , dan salinitas diukur menggunakan refraktometer.

### 3.5 Anilisis Data

Analisis data dilakukan dengan metode deskriptif, yakni dengan menampilkan data dalam bentuk tabel, gambar dan grafik sehingga menghasilkan informasi mengenai kondisi histopatologi insang ikan bandeng pada tambak budidaya yang tercemar Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) dari limbah industri.

Hasil uji histopatologi insang pada ikan bandeng (*Chanos chanos*) menggunakan analisis secara deskriptif. Untuk mengetahui tingkat kerusakan jaringan insang ikan bandeng pada tambak budidaya yang tercemar Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) dari limbah industri maka dilakukan anlisis statisktik skoring dengan metode kuantitatif yakni menganalisa nilai skoring dengan menghitung presentase kerusakan pada jaringan insang. Menurut Kakkilaya (2002), yang digunakan untuk menghitung jumlah area yang terwarnai dan dilakukan secara manual dengan menghitung persentasenya. Pembacaan dimulai dari tepi kiri (sesuai dengan posisi ekor preparat) kearah kepala kemudia turun ke bawah dan bergeser kembali kearah ekor kembali (gerak zig zag) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur skoring (Siswandari, 2005)

Menurut Indrayani *et al.* (2014), data yang diperoleh dari hasil pengamatan kerusakan jaringan insang dianalisis secara kuantitatif yakni berdasarkan nilai skoring. Dihitung dengan mengamati lamella sekunder per insang terhadap luas bidang pandang pada mikroskop dengan perbesaran 400x. Untuk menghitung frekuensi kejadian patologi insang ikan bandeng menggunakan rumus jumlah insang yang menunjukkan gejala patologis dibagi jumlah insang yang diamati dan dikalikan 100% (Widayati *et al.*, 2008). Nilai skoring dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

**Tabel 1.** Presentase Nilai Skoring (Pantung *et al.*, 2008)

Nilai Skoring	Persentase Kerusakan (%)	Keterangan
0	0	Tidak terdapat kerusakan
1	1 – 25	Dari luas bidang pandang
2	26 – 50	Dari luas bidang pandang
3	51 – 75	Dari luas bidang pandang
4	76 – 100	Dari luas bidang pandang

Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan analisis keragaman, uji BNT dan regresi dengan 2 variabel yang terdiri dari Y adalah variable terikat yaitu variable yang dipengaruhi, dan X variable bebas yaitu variable yang mempengaruhi, dengan persamaan sebagai berikut

$$Y_{\text{regresi}}: a + bX$$

Dimana:

Y= Nilai skoring kerusakan insang

X= Lama pemeliharaan

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Kabupaten Pasuruan terletak diantara 112 0 33' 55" - 113 30' 37" bujur timur dan antara 70 32' 34" - 80 30' 20" lintang selatan serta mempunyai luas wilayah 147.401,50 Ha. Di wilayah Pasuruan mengalir 6 sungai besar yang bermuara di Selat Madura yaitu Sungai Lawean, Sungai Rejoso, Sungai Gombong, Sungai Welangan, Sungai Masangan dan Sungai Kedunglarang. Budidaya air payau di Kabupaten Pasuruan berupa budidaya tambak yang berada di 5 kecamatan yaitu Bangil, Kraton, Rejoso, Lekok dan Nguling dengan luas tambak keseluruhan mencapai 3.996,9 Ha. Di Kecamatan Rejoso yang memiliki luas wilayah 90,890 Ha terdapat tambak tradisional yang terletak di Desa Jarangan dan Patuguran, pada desa tersebut membentang Sungai Rejoso yang merupakan sumber air tawar untuk tambak-tambak tradisinoal pada kedua desa tersebut.

Kandungan logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada air dan sedimen salah satu tambak yang ada di Desa Patuguran dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini

**Table 2.** Kandungan Logam Berat Pada Air dan Sedimen Tambak

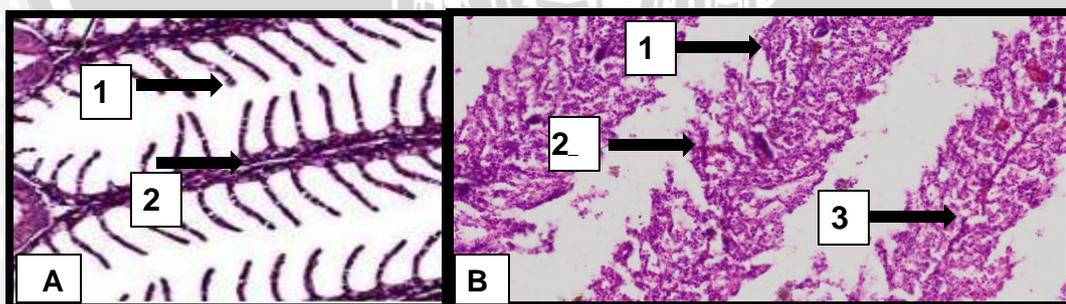
Logam Berat	Air (ppm)	Sedimen (ppm)	Batas Minimum
Timbal (Pb)	< 0,0024	0,49	0,001 (KMNLH, 2004)
Kadmium (Cd)	< 0,0044	0,50	0,008 (KMNLH, 2004)

Pada Tabel 2 diatas dapat dilihat bahwa air tambak pada lokasi penelitian mengandung logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) walaupun dalam jumlah yang kecil, selain itu Fitriyah (2007), menyatakan bahwa air laut disekitar pantai Lekok yang menjadi muara dari Sugai Rejoso mengandung lgam berat Kadmium sebesar 1,42ppm dan Timbal (Pb) sebesar 1,43 ppm. Pencemaran ini

diduga karena adanya industri-industri yang berada disekitar Kecamatan Rejoso membuang limbahnya ke Sungai Rejoso tanpa pengolahan terlebih dahulu. Di sekitar Kecamatan Rejoso terdapat beberapa pabrik, diantaranya Pabrik Cheil Samsung Indonesia (pabrik ini memproduksi pupuk cair dan MSG), PT. Cheil Jedang Indonesia (pabrik ini memproduksi MSG) dan PGLTU (pembangkit listrik dengan menggunakan uap).

#### 4.2 Histopatologi Insang Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

Berdasarkan pengamatan diperoleh hasil bahwa kerusakan yang terjadi pada insang ikan bandeng yang dibudidaya pada tambak yang tercemar limbah industri adalah hiperplasia, fusi dan nekrosis. Untuk melihat perbedaan struktur insang yang normal dan insang yang mengalami kerusakan dapat dilihat pada Gambar 3. di bawah ini. Menurut Camargo dan Martinez (2007), perubahan histopatologi dapat digunakan sebagai biomarker dalam mengevaluasi kerusakan pada kesehatan ikan yang terpapar oleh berbagai macam kontaminan. Pada umumnya organ yang digunakan adalah insang, hati dan ginjal karena organ-organ tersebut bertanggung jawab atas fungsi respirasi dan ekskresi pada ikan.



**Gambar 3.** Potongan Melintang Insang Ikan Bandeng. (A) Insang Ikan Normal 1. Lamella Sekunder 2. Lamella Primer (Sims, 2005 dalam Diliyana, 2008) dan (B) Insang yang Mengalami Kerusakan 1. Hiperplasia 2. Fusi dan 3 Nekrosis, gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan perbesaran 100x.

Pada Gambar A diatas terlihat bahwa insang normal memiliki struktur yang teratur, setiap filamen memiliki beberapa bagian yang disebut lamella sekunder (Gambar A [1]) yang berfungsi sebagai tempat pertukaran gas, serta memiliki jarak antar lamella sekunder terlihat jelas. Sedangkan insang yang mengalami kerusakan (Gambar B) memiliki struktur yang tidak teratur, lamella sekunder yang satu dengan yang lainnya terlihat saling menempel. Untuk lebih jelasnya bentuk dari kerusakan insang dapat dilihat pada Gambar 4.

Hiperplasia (Gambar B [1]) yang terdapat pada insang merupakan pembengkakan jaringan yang diakibatkan bertambahnya jumlah sel. Menurut Rennika (2013), hiperplasia diakibatkan oleh polutan yang menyebabkan jaringan mengalami iritasi. Hiperplasia muncul apabila ikan tersebut dipelihara pada lingkungan yang tercemar bahan kimia secara terus menerus. Menurut Alifia (2013), hiperplasia pada lamella insang yang terus berkambang dapat menyebabkan lamella sekunder yang satu dengan yang lainnya bergabung, respon tersebut merupakan adaptasi pertahanan masuknya kontaminan.

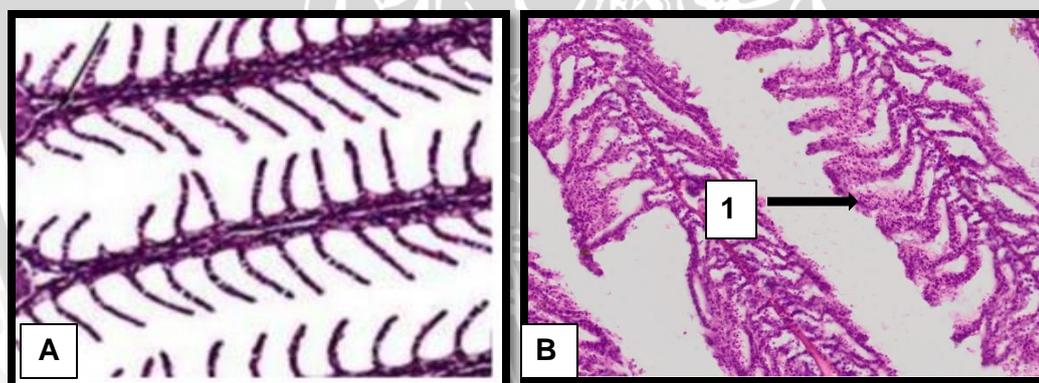
Fusi (Gambar B [2]), terlihat seperti jarak antar lamella sekunder memendek sehingga setiap lamella berdempetan. Fusi merupakan kerusakan lanjutan dari hiperplasia. Menurut Ersa (2008), fusi terjadi karena peleburan lamella yang bersebelahan sehingga lamella nampak berdempetan satu sama lain. Menurut Figueiredo-Fernandes *et al.*, (2007), fusi merupakan salah satu mekanisme pertahanan insang dalam menghadapi perubahan pada lingkungan tempat ikan hidup.

Nekrosis (nomor 3), terlihat adanya bagian insang yang berlubang, hal ini diakibatkan sel-sel mengalami kematian biasanya ditandai dengan bagian sel yang tidak terwarnai. Menurut Rennika (2013), nekrosis adalah kematian atau pecahnya sel akibat dari hiperplasia dan fusi yang berlebihan, sehingga jaringan insang nampak tidak utuh lagi. Menurut Alifia (2013), semakin besar kandungan

logam berat pada perairan maka sel melakukan respon sel adaptif yang berkembang menjadi irefersibel yang ditandai dengan terjadinya nekrosis. Dimana semakin besar kandungan logam berat pada perairan maka semakin besar pula kejadian nekrosisnya. Nilai skoring masing-masing kerusakan jaringan pada histopatologi insang Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) dapat dilihat pada Lampiran 3.

#### 4.2.1 Hiperplasia

Hiperplasia pada insang terjadi akibat peningkatan jumlah sel yang tidak normal sehingga jaringan insang terlihat seperti mengalami pembengkakan (Widayati *et al.*, 2008). Hiperplasia diakibatkan oleh berbagai polutan kimia dan logam berat, terutama Cadmium, Cuprum dan Zinc (Ersa, 2008). Untuk lebih jelasnya perbedaan antara struktur insang normal dan struktur insang yang mengalami hiperplasia dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.



**Gambar 4.** (A) Struktur Insang Normal (Sims, 2005 dalam Diliyana, 2008). (B) 1 Insang yang Mengalami Hiperplasia gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan perbesaran 100x.

Pada Gambar A diatas terlihat bahwa insang yang normal memiliki struktur yang teratur dan terlihat jelas jarak antar lamella, sedangkan insang yang mengalami hyperplasia (Gambar B) memiliki struktur yang tidak teratur, jarak antar lamella tidak terlihat jelas akibat jaringan mengalami pembengkakan. Data yang diperoleh dikumpulkan berdasarkan usia ikan dan setiap perlakuan

dilakukan 3 kali ulangan. Berikut adalah data rata-rata nilai skoring hiperplasia dari kerusakan insang yang terjadi yang dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Data Rata-Rata Nilai Skoring Hiperplasia

Lama Pemeliharaan	Ulangan			Total	Rata-rata $\pm$ sd
	1	2	3		
1	2	2,33	2,66	6,99	2,33 $\pm$ 0,33
2	2,66	3	3	8,99	2,99 $\pm$ 0,20
3	3,33	3,33	4	10,64	3,55 $\pm$ 0,39

Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui, semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri, maka semakin tinggi nilai kerusakan yang terjadi. Pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai kerusakan yang paling tinggi yakni 3,55. Kemudian diikuti dengan lama pemeliharaan 2 bulan 2,99, dan yang paling rendah adalah lama pemeliharaan 1 bulan yakni 2,33.

Semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri maka semakin besar nilai kerusakan yang terjadi pada insangnya. Hal ini diduga karena semakin lama ikan hidup pada media yang tercemar maka akan semakin banyak pula logam berat yang terakumulasi kedalam tubuh organisme tersebut sehingga menyebabkan kerusakan pada insang. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rennika (2013), bahwa hiperplasia muncul ketika ikan dipelihara secara terus menerus pada lingkungan yang tercemar bahan kimia. Karena insang merupakan organ pertama yang bersentuhan langsung dengan media pemeliharaan, sehingga insang dapat mengalami kerusakan bila media pemeliharaan tercemar bahan kimia. Selain itu, besarnya jumlah kandungan logam berat juga dapat mempengaruhi sedikit atau banyaknya kerusakan yang terjadi pada insang.

Perbedaan lama pemeliharaan ikan bandeng pada tambak yang tercemar limbah industri memberikan pengaruh terhadap nilai skoring kerusakan hiperplasia. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan lama pemeliharaan terhadap

nilai skoring kerusakan hiperplasia dapat diketahui dari analisa sidik ragam pada Tabel 4 dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 4 a.

**Tabel 4.** Analisa Sidik Ragam

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F <sub>hitung</sub>	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	3,19	1,59	16,13**	5,14	10,92
Acak	6	0,59	0,09			
Total	8	3,78	-			

Keterangan: (\*\*) = Berbeda sangat nyata

Tabel 4 diatas, dapat diketahui hasil sidik ragam menunjukkan bahwa nilai F<sub>hitung</sub> sebesar 16,13 lebih besar dari F tabel 5% yaitu 5,14 dan F tabel 1% yaitu 10,92. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan lama waktu pemeliharaan dapat memberikan pengaruh sangat nyata terhadap nilai skoring kerusakan hiperplasia. Sehingga harus dilanjutkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk mengetahui pengaruh tiap lama pemeliharaan seperti pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Uji Beda Nyata Terkecil Hiperplasia

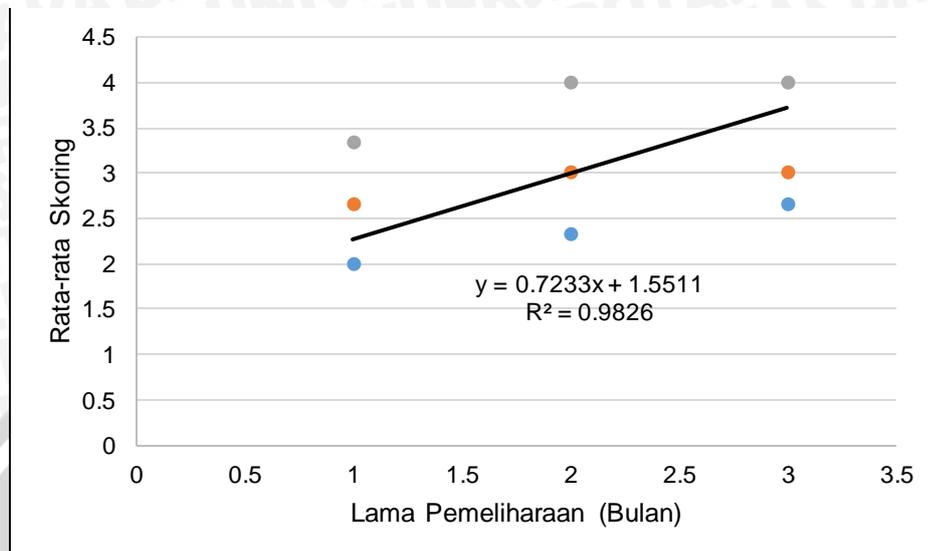
Rerata Perlakuan				Notasi
	1	2	3	
	2,33	2,99	3,55	
1 2,33	0 <sup>ns</sup>	-	-	a
2 2,88	0,66**	0 <sup>ns</sup>	-	b
3 3,55	1,22**	0,55**	0 <sup>ns</sup>	c

Keterangan: (\*\*) =Berbeda sangat nyata  
(<sup>ns</sup>) =Tidak berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 5 di atas, diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara pengaruh lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan jaringan yang mengalami hiperplasia berbeda nyata, ditandai dengan notasi a, b dan c. yang berarti lama pemeliharaan 1 bulan sangat berbeda nyata dengan lama pemeliharaan 2 bulan ditandai dengan notasi a, lama pemeliharaan (1 bulan dan 2 bulan) sangat berbeda nyata dengan lama pemeliharaan 3 bulan ditandai dengan notasi b dan c.

Untuk mengetahui hubungan antara lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan maka dilakukan analisa regresi dan uji polynomial orthogonal

yang dapat dilihat pada Gambar 5 didapatkan pola hubungan linier dengan persamaan garis yaitu  $y=0,7233x + 1,5511$  dan  $R^2 = 0,9826$ .



**Gambar 5.** Regresi Hubungan Lama Pemeliharaan dengan Rerata Skoring Hiperplasia

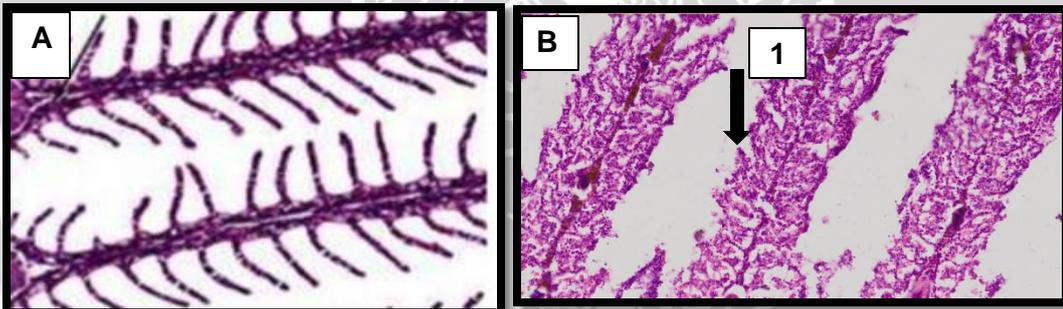
Grafik diatas menunjukkan bahwa hubungan antara nilai skoring dan lama pemeliharaan berbanding lurus, yakni semakin lama ikan dipelihara maka semakin besar nilai kerusakan yang terjadi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Fontainhas-Fernando *et al.*, (2008), kejadian hiperplasia semakin tinggi seiring dengan semakin lama ikan terpapar logam berat. Selain itu, kandungan logam berat pada perairan juga sangat mempengaruhi tingkat kerusakan insang. Dimana semakin besar kandungan logam berat maka kejadian kerusakan akan semakin besar pula. Menurut Alifia (2013), hiperplasia yang terus berkembang dapat menyebabkan lamella-lamella sekunder bergabung, sebagai respon adaptasi pertahanan yang jika hal ini terus terjadi dapat menyebabkan hypoxia pada ikan karena terganggunya fungsi respirasi.

Kejadian hiperplasia akibat paparan logam berat juga terjadi pada ikan Nila larasti (*Oreochromis niloticus*) seperti pernyataan Mulyani *et al.*, (2014) bahwa hasil pengamatan perubahan jaringan insang pada ikan Nila larasati (*O. niloticus*)

yang dipapar oleh timbal asetat pada uji perlakuan selama 4 minggu menunjukkan hasil kerusakan hiperplasia 0-50%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pemberian timbal asetat menyebabkan kerusakan sedang pada insang ikan Nila (*O. niloticus*) ditandai dengan adanya kerusakan paling besar yaitu fusi lamella, kemudian edema, hiperplasia dan nekrosis.

#### 4.2.2 Fusi

Fusi merupakan jenis kerusakan tahap lanjutan dari kerusakan hiperplasia (Widayati *et al.*, 2008). Fusi pada lamella juga diakibatkan oleh adanya lendir yang berlebih pada insang sehingga akan menutup lamella sekunder sehingga terjadi penggabungan antar lamella sekunder (Mulyani *et al.*, 2014). Untuk lebih jelasnya perbedaan antara struktur insang normal dan struktur insang yang mengalami hiperplasia dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.



**Gambar 6.** (A) Struktur Insang Normal (Sims, 2005 dalam Diliyana, 2008). (B) 1, Mengalami Fusi, gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan perbesaran 100x.

Pada Gambar 6 (Gambar A) diatas terlihat bahwa insang yang normal memiliki struktur yang teratur dan terlihat jelas jarak antar lamella, sedangkan insang yang mengalami hiperplasia (Gambar B) memiliki struktur yang tidak teratur, antara lamella terlihat melebur. Karena fusi merupakan kerusakan tahap lanjutan dari hiperplasia, setelah jaringan insang mengalami pembengkakan akibat hiperplasia kemudian insang terlihat menyatu. Berikut adalah data rata-

rata nilai skoring fusi dari kerusakan insang yang terjadi yang dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Data rata-rata nilai skoring

Lama Pemeliharaan	Ulangan			Total	Rata-rata $\pm$ sd
	1	2	3		
1	1,33	1,66	2	4,99	2,49 $\pm$ 0,33
2	2,66	2,33	2,33	7,65	2,55 $\pm$ 0,20
3	2,33	2,66	3	7,66	2,66 $\pm$ 0,33

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui, semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industry, maka semakin tinggi nilai kerusakan yang terjadi. Pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai kerusakan yang paling tinggi yakni 2,66. Kemudian diikuti dengan lama pemeliharaan 2 bulan 2,55 dan yang paling rendah adalah lama pemeliharaan 1 bulan yakni 2,49.

Semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industr maka semakin besar nilai kerusakan yang terjadi pada insangnya. Hal ini diduga karena semakin lama ikan hidup pada medi yang tercemar maka akan semakin banyak pula logam berat yang terakumulasi kedalam tubuh organisme tersebut sehingga menyebabkan kerusakan pada insang. Menurut Mulyani *et al.*, (2014) fusi merupakan bentuk respon kelenjar mucus untuk melindungi dari logam berat yang masuk dalam bentuk ion kedalam insang. Karena insang merupakan organ pertama yang bersentuhan langsung dengan media pemeliharaan sehingga insang dapat mengalami kerusakan seperti fusi lamella.

Perbedaan lama pemeliharaan ikan bandeng pada tambak yang tercemar limbah industry memberikan pengaruh terhadap nilai skoring kerusakan. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan dapat diketahui dari analisa sidik ragam pada Tabel 7 dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 4 b.

**Tabel 7.** Analisa Sidik Ragam

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	Uji F		
				F <sub>hitung</sub>	F <sub>5%</sub>	F <sub>1%</sub>
Perlakuan	2	1,79	0,89	10,34*	5,14	10,92
Acak	6	0,52	0,08			
Total	8	2,32	-			

Keterangan (\*) = Berbeda Nyata

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa nilai F hitung 10,34 berbeda nyata dari F 5% yaitu 5,14. Hal ini menunjukkan bahwa adanya lama pemeliharaan ikan pada tambak yang tercemar limbah industri memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kerusakan jaringan insang. Untuk mengetahui pengaruh diantara waktu pemeliharaan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT), seperti pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Fusi

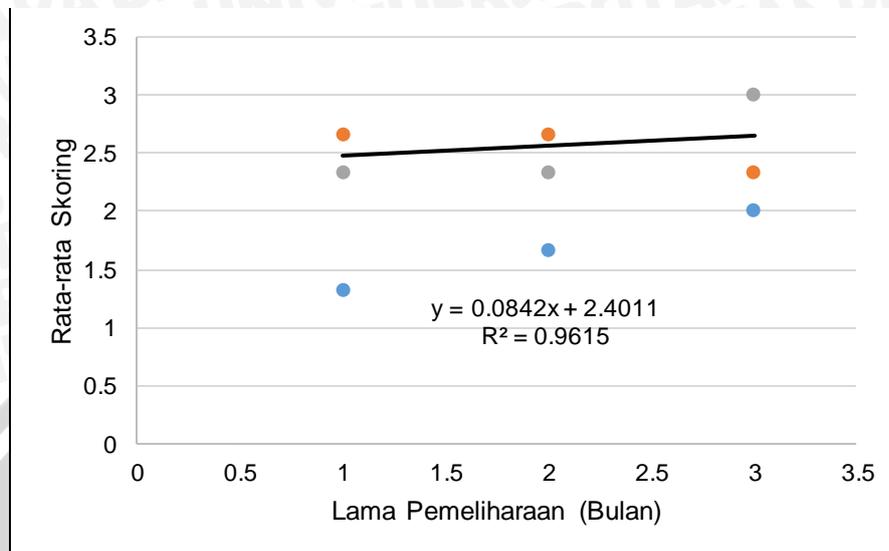
Rerata Perlakuan	1	2	3	Notasi
	2,49	2,55	2,66	
1 2,49	0 <sup>ns</sup>	-	-	a
2 2,55	0,05 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>	-	a
3 2,66	0,16*	0,11 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>	b

Keterangan (\*) = Berbeda nyata  
ns = Tidak berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 8 diatas, diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara pengaruh lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan jaringan yang mengalami hiperplasia ditandai dengan notasi a dan b. Hal ini berarti lama pemeliharaan 1 bulan tidak berbeda nyata dengan lama pemeliharaan 2 bulan ditandai dengan notasi a, lama pemeliharaan 2 bulan tidak berbeda nyata dengan lama pemeliharaan 3 bulan ditandai dengan notasi a dan lama pemeliharaan 1 bulan berbeda nyata dengan lama pemeliharaan 3 bulan ditandai dengan notasi b.

Nilai skoring yang diperoleh pada lama pemeliharaan 3 bulan lebih besar dibandingkan dengan lama pemeliharaan 2 dan 1 bulan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama ikan dipelihara pada media yang tercemar maka kerusakan

yang terjadi pada organ insangnya semakin besar dan nilai skoringnya semakin besar pula.



**Gambar 7.** Regresi Hubungan Lama Pemeliharaan dengan Rata-rata Skoring Fusi

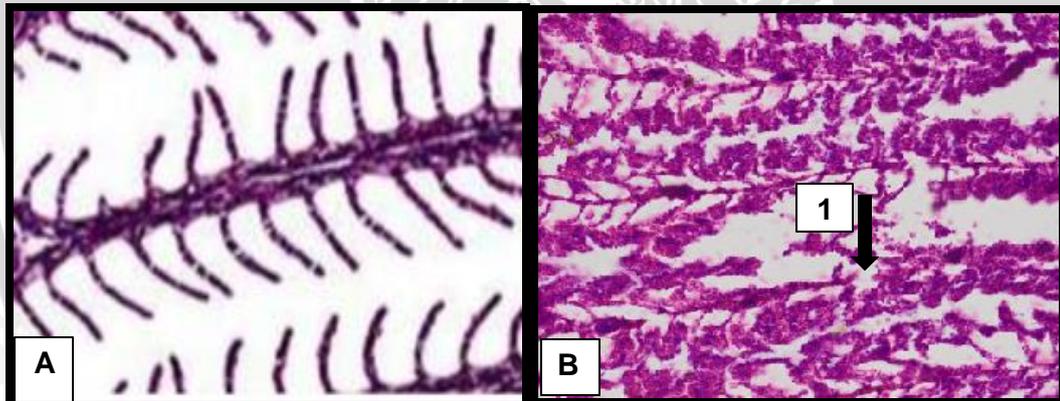
Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa hubungan lama pemeliharaan dengan nilai skoring kerusakan adalah linier dengan persamaan  $y=0,0842x + 2,4011$  dan  $R^2=0,9615$ . Pada gambar 8 menunjukkan hubungan antara nilai skoring dan lama pemeliharaan berbanding lurus, yakni semakin lama ikan dipelihara maka semakin besar nilai kerusakan yang terjadi, hal ini sesuai dengan pernyataan Butchiram *et al.*, (2009), kejadian fusi meningkat seiring dengan semakin lama organisme terpapar logam berat.

Kejadian fusi selain diakibatkan oleh paparan logam berat, diakibatkan pula oleh paparan air lumpur lapindo, seperti yang dialporkan oleh Widayati *et al.*, (2008), bahwa fusi lamella (FL) pada insang ikan Mujair semakin meningkat seiring dengan lamanya waktu pemaparan dan semakin meningkatnya konsentrasi air lumpur lapindo yang dipaparkan. Hal ini diduga karena bentuk respon dari insang untuk melindungi dari polutan yang masuk kedalam insang, sehingga insang mengeluarkan sel mucus yang berlebihan yang mengakibatkan

terjadinya fusi lamella, hal ini sesuai dengan Mulyani *et al.* (2014), terjadinya fusi lamella diakibatkan dari sel mucus yang berada di dasar lamella meningkat jumlahnya sehingga terjadi penggabungan antar lamella sekunder.

#### 4.2.3 Nekrosis

Nekrosis terjadi karena hiperplasi dan fusi lamela sekunder yang berlebihan, sehingga jaringan insang tidak berbentuk utuh lagi Mulyani *et al.*, (2014). Jaringan insang yang mengalami nekrosis biasanya tidak dapat menyerap warna akibat sel-selnya mengalami kematian. Menurut Alifia (2013), nekrosis merupakan kematian sel yang diakibatkan oleh gangguan sirkulasi yang terjadi secara mendadak. Jika sel yang mengalami kematian terlalu banyak, dikhawatirkan dapat mengganggu fungsi respirasi insang. Untuk lebih jelasnya bagian yang mengalami nekrosis dapat dilihat pada Gambar 8 dibawah ini.



**Gambar 8.** (A) Struktur Insang Normal (Sims, 2005 *dalam* Diliyana, 2008). (B) 1 dan 2 Insang yang Mengalami Nekrosis gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan perbesaran 100x.

Pada Gambar A terlihat struktur jaringan insang ikan yang normal dapat terwarnai seluruhnya karena tidak terdapat sel-sel yang mengalami kematian, sedangkan pada Gambar B terlihat ada bagian dari jaringan insang yang tidak menyerap warna karena pada jaringan tersebut ada beberapa sel yang mengalami kematian akibat dari nekrosis. Berikut adalah data rata-rata nilai

skoring nekrosis dari kerusakan insang yang terjadi yang dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Data rata-rata nilai skoring

Lama Pemeliharaan	Ulangan			Total	Rata-rata $\pm$ sd
	1	2	3		
1	2,66	2	2,66	7,32	1,88 $\pm$ 0,38
2	2,66	2,66	2,33	7,65	2,11 $\pm$ 0,20
3	2	2,66	3	7,66	2,55 $\pm$ 0,50

Pada Tabel 8 diketahui bahwa rata-rata nilai skoring tertinggi terjadi pada lama pemeliharaan 3 bulan yaitu 2,55, kemudian lama pemeliharaan 2 bulan yaitu 2,11 dan terakhir adalah lama pemeliharaan 1 bulan yaitu 1,88. Kerusakan yang terjadi diduga akibat akumulasi bahan pencemar dalam tubuh ikan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mulyani *et al.*, (2014), bahwa penyerapan logam berat secara terus menerus dapat menyebabkan kerusakan insang yang berujung pada kematian karena terhambatnya fungsi pernafasan dari insang.

Untuk mengetahui lebih jelas pengaruh lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan nekrosis maka dilakukan analisa sidik ragam pada Tabel 10 dan perhitungan dapat dilihat pada lampiran 4 c.

**Tabel 10.** Analisa Sidik Ragam

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	Uji F		
				F <sub>hitung</sub>	F <sub>5%</sub>	F <sub>1%</sub>
Perlakuan	2	0,024	0,12	0,08 <sup>ns</sup>	5,14	10,92
Acak	6	0,88	0,14			
Total	8	0,90	-			

Keterangan ns = Tidak berbeda nyata

Pada Tabel 10 diatas menunjukkan bahwa perbedaan lama pemeliharaan tidak berpengaruh terhadap nilai skoring kerusakan nekrosis. Maka tidak dilanjutkan ke uji Beda Nyata Terkecil.

Kejadian nekrosis terjadi pula pada insang ikan Nila larasati yang terpapar oleh timbal asetat, seperti yang dikemukakan oleh Mulyani *et al.*, (2014),

kerusakan nekrosis ditemukan secara acak pada pemaparan logam berat tertentu, meskipun persentasenya rendah yakni kurang dari 25%. Menurut Rennika (2013), nekrosis terjadi karena hiperplasia dan fusi yang berlebihan yang disebabkan oleh konsentrasi timbal pada air laut terlalu tinggi dan terjadi penyerapan ion-ion timbal secara terus menerus ke dalam jaringan insang. Pada kejadian ini lamella mengalami kerusakan.

#### 4.3 Kualitas Air pada Tambak Pemeliharaan

Kualitas air pada tambak pemeliharaan dapat dilihat pada Tabel 11 dibawah ini.

**Tabel 11.** Kualitas Air pada Tambak Pemeliharaan

Parameter	Kisaran	Batas yang Diperbolehkan
Oksigen Terlarut (ppm)	11,4	3-6 ppm (Kordi dan Tamsil, 2010)
Suhu (°C)	29,8	27-32°C (Kordi dan Tamsil, 2010)
pH	7,59	7-6 (Kordi dan Tamsil, 2010)
Salinitas (ppt)	16	10-32 ppt (Mansyur dan Tonek, 2003)
Ammonia (ppm)	0,60	< 0,1 ppm (Kordi dan Tamsil, 2010)

##### 4.3.1 Oksigen Terlarut (Disolved Okxygen)

Pada penelitian diperoleh nilai oksigen terlarut sebesar 11,4 ppm. Berdasarkan pengamatan, tercatat kadar oksigen terlarut cukup tinggi diduga karena waktu pengambilan sampel pada pagi menjelang siang sehingga nilainya cukup tinggi. Menurut KMNLH (2004), kadar oksigen terlarut untuk biota laut adalah lebih dari 5 mg/l, dengan demikian oksigen terlarut pada tambak tersebut masih berada pada kisaran normal untuk biota laut meskipun bukan pada kisaran optimum, karena Kordi dan Tamsil (2010), menyatakan bahwa

untuk pertumbuhan dan reproduksi, kandungan oksigen terlarut dalam air minimal 3 ppm dan sedangkan kandungan optimum adalah antara 3-6 ppm.

Kadar oksigen terlarut pada perairan berfluktuasi tergantung pada aktifitas fotosintesis, respirasi dan limbah yang masuk ke badan air. Sumber oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer dan aktifitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton. Hubungan antara suhu dan kadar oksigen adalah semakin tinggi suhu maka kadar oksigen akan rendah (Effendi, 2003).

#### 4.3.2 Suhu

Suhu sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan ikan. Secara umum laju pertumbuhan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu perairan. Kisaran suhu yang optimal bagi kehidupan ikan air laut berkisar antara 27 - 32°C. Bila suhu rendah biasanya ikan kehilangan nafsu makannya, dan apabila suhu tinggi ikan stres. Fluktuasi pada suhu perairan yang tidak menentu dapat membahayakan kehidupan ikan karena berbagai pathogen dapat berkembang dengan baik pada kondisi tersebut (Kordi dan Tmasil, 2010).

Suhu pada penelitian ini adalah berkisar antara 29,8°C. Kisaran suhu pada tambak tersebut berada pada kisaran normal untuk ikan bandeng, hal ini sesuai dengan pendapat Cahyono (2001), menyatakan kisaran suhu perairan yang sesuai dengan kehidupan ikan bandeng berkisar antara 28-30°C.

#### 4.3.3 pH

Ikan dan biota air lainnya memiliki toleransi sendiri terhadap pH atau derajat keasaman. Karena pH air mempengaruhi tingkat kesuburan perairan yang akan mempengaruhi kehidupan jasad renik pula. Jika suatu perairan asam akan kurang produktif karena oksigen terlarut akan rendah. Usaha budidaya ikan

akan berhasil dengan baik jika air memiliki kisaran pH 6,5 – 9,0 dan pertumbuhan optimal ikan berada pada kisaran pH 7 – 8 (Kordi dan Tamsil, 2010).

Dari penelitian pH yang didapatkan adalah 7,59, dan ini menunjukkan bahwa pH tersebut berada pada kisaran normal untuk parameter kualitas air dalam skala pemeliharaan bandeng. Menurut KKP (2011), bahwa budidaya ikan bandeng pH yang diperlukan berkisar 7 - 8, karena pada pH tersebut ikan bandeng akan tumbuh secara optimal.

#### 4.2.4 Salinitas

Salinitas merupakan kadar garam yang dimiliki suatu perairan. Salinitas dinyatakan dalam satuan g/kg atau promil (‰). Nilai salinitas pada perairan tawar biasanya kurang dari 0,5 ‰, perairan payau antara 0,5 – 30 ‰, dan perairan laut berkisar antara 30 – 40 ‰. Pada perairan pesisir nilai salinitas sangat dipengaruhi oleh masukan air tawar dari sungai (Effendi, 2003).

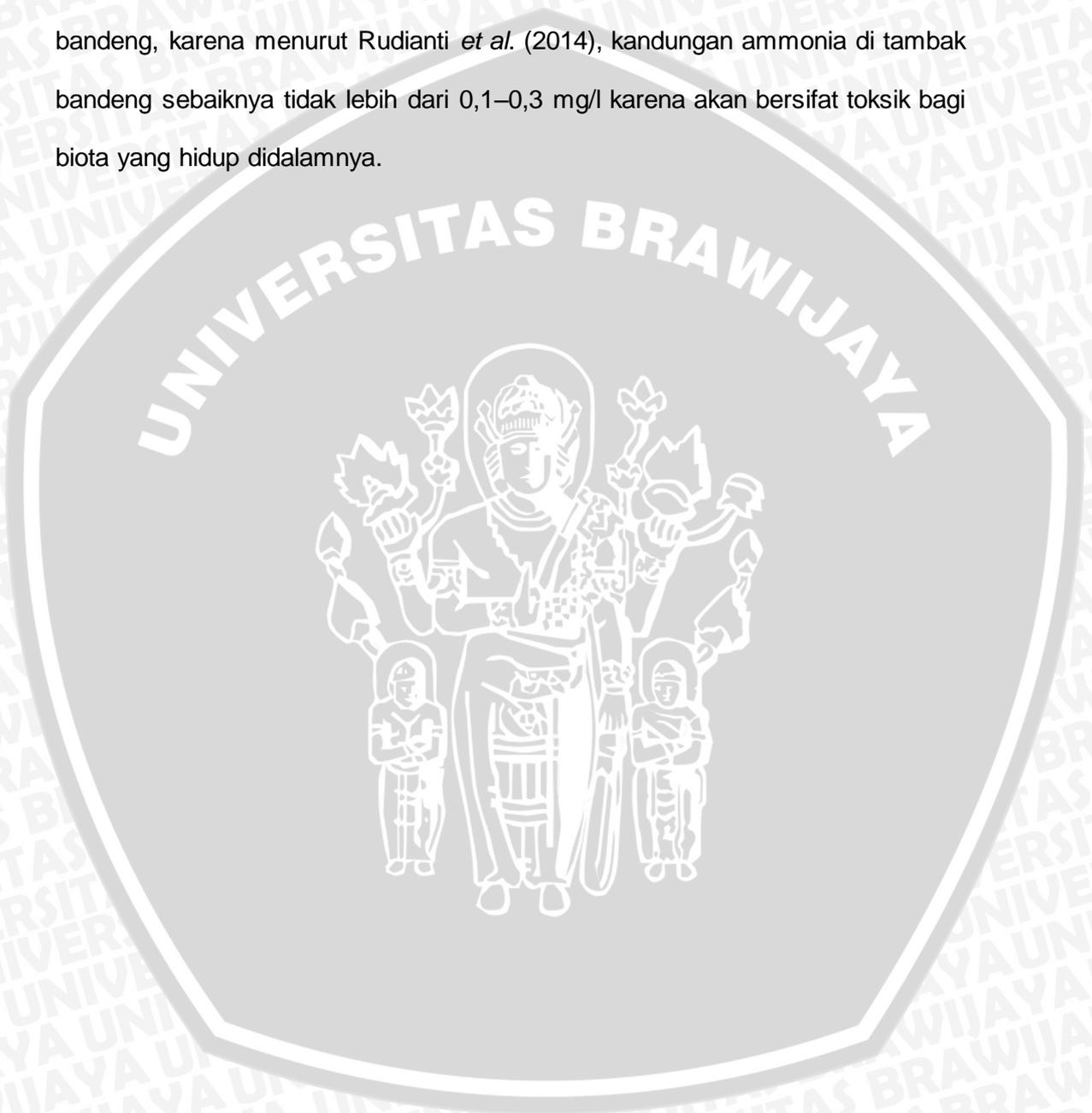
Salinitas pada penelitian ini adalah 16 ppt, dimana salinitas tersebut berada pada kisaran normal, hal ini sesuai dengan pernyataan Mansyur dan Tonek (2003), bahwa ikan bandeng dapat hidup pada salinitas 10 – 32 ppt. Ikan bandeng merupakan ikan yang bersifat euryhaline artinya memiliki toleransi yang luas terhadap kadar garam atau salinitas.

#### 4.2.5 Amonia (NH<sub>3</sub>)

Amonia (NH<sub>3</sub>) dalam air berasal dari perombakan bahan organik dan sisa metabolisme. Selain itu ammonia dalam perairan juga dapat terbentuk sebagai hasil proses dekomposisi protein yang berasal dari sisa pakan atau plankton yang mati. Perairan yang baik untuk budidaya ikan adalah yang mengandung ammonia kurang dari 0,1 ppm. Ikan mulai terganggu pertumbuhannya pada perairan dengan kandungan ammonia mencapai 1,2 ppm dan sebagian besar

ikan mati pada kandungan ammonia yang mencapai 2 ppm (Kordi dan Tamsil, 2010).

Kandungan ammonia pada penelitian ini adalah 0,60 ppm dimana kandungan ammonia tersebut sudah melebihi ambang batas untuk budidaya ikan bandeng, karena menurut Rudianti *et al.* (2014), kandungan ammonia di tambak bandeng sebaiknya tidak lebih dari 0,1–0,3 mg/l karena akan bersifat toksik bagi biota yang hidup didalamnya.



## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Insang ikan bandeng yang dibudidaya pada tambak yang tercemar limbah industri mengalami kerusakan berupa hyperplasia, fusi dan nekrosis. Berdasarkan rata-rata hasil skoring kerusakan hyperplasia pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai tertinggi yakni 3,55, berdasarkan rata-rata hasil skoring kerusakan fusi pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai tertinggi yakni 2,66, berdasarkan rata-rata hasil skoring kerusakan fusi pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai tertinggi yakni 2,55. Kualitas air saat penelitian terdiri dari suhu sebesar 29,8°C, DO sebesar 11,4 mg/L, pH sebesar 7,59 dan Amonia sebesar 0,60 mg/L.

### 5.2 Saran

Saran pada penelitian ini adalah perlu diadakan penanggulangan pencemaran, salah satunya dengan penanaman mangrove di sekitar tambak dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk penyembuhan kerusakan jaringan insang pada ikan yang dibudidaya di tambak yang tercemar limbah industri. Selain itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kandungan logam berat yang terdapat pada otot atau daging ikan bandeng untuk informasi keamanan pangan bagi masyarakat yang mengkonsumsi ikan bandeng.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustinningsih, D. 2012. Kajian Kualitas Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Alifia, F. 2013. Histopatologi Insang Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forskal) yang Tercemar Logam Timbal (Pb). *Jurnal Balik Diwa*. **4**(1):38-45.
- Anita, H., D. Siswanto dan P. Susetyorini. 2012. The Proses of An Extradition Request To Ecuador United States Embassy In England. *Diponegoro Law Review*. **1**(2):1-9.
- Anonymus. 2007. Buku Ajar Mata Kuliah Oseanografi Fisika. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Anwar, R., Y.P. Devia dan A.A. Rahman. 2008. Studi Evaluasi Pengolahan Air Limbah Industri Secara Terpusat Di Kawasan Industri Rembang Pasuruan (PIER). *Jurnal Rekayasa Sipil*. **2** (3): 205-214.
- Asniatiti, M. Idris dan K. Sabilu. 2013. Studi Histopatologi pada Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) yang Terinfeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. **3** (12): 13-21.
- Butchiram, M. S., K. S. Titak and P. W. Raju. 2009. Studies on Histopathological Changes in the Gill, Liver and Kidney of *Channa punctatus* (Bloch) Exposed to Alachlor. *J. Environ. Biol.* **30**(2):303-306.
- Cahyono, B. 2001. Budidaya Ikan di Perairan Umum. Kanisius: Yogyakarta.
- Camargo, M. M. P and C. B. R. Martinez. 2007. Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical Fish Caged in an Urban Stream. *Neotropical Ichthyology*. **5**(3):327-336.
- Dahuri, R. 2000. Analisis Kebijakan Pemanfaatan Ruang Wilayah Di Kota – Pasuruan – Jawa Timur. *Jurnal Pesisir dan Lautan*. **3** (2): 1-18.
- Dilliyana, Y. F. 2008. Studi Kandungan Merkuri (Hg) Pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) di Tambak Sekitar Perairan Rejoso Kabupaten Pasuruan. Skripsi. Universitas Islam Negeri (UIN). Malang
- Efendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelola Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius: Yogyakarta.
- Evans, D. H., P. M. Piermariani and K. P. Choe. The Multifunctional Fish Gill: Domaint Site of Gas Exchanges, Osmoregulation, Acid-Base Regulation and Excretion of Nitrogenous Waste. *Physiol Rev*. **85**: 97-177.
- Ersa, I. M. 2008. Gambaran Histopatologi Insang, Usus dan Otot Pada Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Daerah Ciampea Bogor. Skripsi. Institut Pertanian Bogor

- Fardiaz, S. 1997. *Polusi Udara dan Air*. Kanisius: Yogyakarta.
- Figueiredo-Fernandes A., J. V. Ferreira-Cardoso, S. Garcia-Santos, S. M. Monteiro, J. Carrola, P. Matos and A. Fontainhas- Fernandes. 2007. Histopathological Changes in Liver and Gill Ephemelium of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, Exposed to waterborne Copper. *Pesq. Vet. Bras.* **27**(3):103-109.
- Fitriyah, K. R. 2007. Studi Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd), Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Air Laut, Sedimen dan Kerang Bulu (*Anadara Antiquata*) Di Perairan Pantai Lekok Pasuruan. Sekripsi. Universitas Islam Negri (UIN). Malang.
- Fujaya, Y. 2002. *Fisiologi Ikan Dasar Pengembangan Teknologi Perikanan*. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Hasanudin. Makasar.
- Harjana, P. 2011. *Buku Ajar Histologi*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Herlambang, A. 2006. Pencemaran Air dan Strategi Penanggulangannya. *JAI*. **2** (1): 16-29.
- Huet, M. 1997. *Breeding and Cultivation of Fish*. Universiti Press, Cambridge.
- Indawan, E., K. Ahmadi dan R.A.D. Novitawati. 2012. Komposisi Mangrove paha Lahan Tercemar BTEX dan Logam Berat. *Jurnal Natur Indonesia*. **13** (3): 212-218.
- Indrayani, D., Yusfiati dan R., Elvyra. 2014. Struktur Insang Ikan *Ompok hypophthalmus* (Bleeker 1864) dari Perairan Sungai Siak Kota Pekanbaru. *JOM FMIPA*. **1** (2): 402-408.
- Kakkilaya, B.S. 2003. Peripheral Smear Examination for Malaria Parasites. *CE update microbiology moleculer diagnostics*. **38** (4): 602-608.
- Khan, M. H and K. Qayyum. 2002. Determination of Trace Amounts of Iron, Copper, Nickel, Cadmium and Lead in Human Blood by Absorption Spectometry. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. **5** (10): 1104-1107.
- KKP. 2011. *Modul Budidaya Ikan Bandeng (Chanos chanos)*. 64 hlm.
- KMNLH. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut. 1489-1498.
- Kordi. M. G. H. dan A. Tamsil. 2010. *Pembenihan Ikan Laut Ekonomis Secara Buatan*. Lily Publisher: Yogyakarta.
- . 2010. *Pintar Budidaya Ikan di Tambak Secra Intensif*. Lily Publisher: Yogyakarta
- Laili, C. 2011. Teknik Pengolahan Data Deskriptif. <http://cahayalaili.blogspot.com/2011/05/teknik-pengolahan-data-deskriptif.html>. Diakses pada 10 Februari 2015.

- Laksito, B. 2005. Studi Komparatif Penjadwalan Proyek Konstruksi Repetitif Menggunakan Metode Penjadwalan Berulang (Rsm) Dan Metode Diagram Preseden (Pdm). Media teknik sipil. 8 hlm.
- Mansyur, A. dan S. Tonnek. 2003. Prospek Budi Daya Bandeng Dalam Karamba Jaring Apung Laut Dan Muara Sungai. *Jurnal Litbang Pertanian*. **22**(3): 79-85.
- Mulyani, F. A. M., P. Widianingrum dan N. R. Utami. 2014. Uji Toksisitas dan Perubahan Struktur Mikroanatomi Insang Ikan Nila Larasati (*Oreochromis niloticus*) yang Dipapar Timbal Asetat. *Jurnal MIPA*. **37** (1): 1-6.
- Ningrum, P. Y. 2006. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) serta Struktur Mikroanatomi Branchia, Hepar, dan Musculus Ikan Belanak (*Mugil cephalus*) Di Perairan Cilacap. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Novianto, B. R. 2015. Mengenal Ikan Bandeng. Artikel. Universitas Airlangga. Surabaya. 2 hlm.
- Pantung, N., K. G. Helander, H. F. Helander and V. Cheevaporn. 2008. Histopathological Alterations of Hybrid Walking Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) in Acute and Subacute Cadmium Exposure. *Environment Asia*. **1**: 22-27.
- Patrick, L. 2003. Toxic Metals and Antioxidants: Part II. The Role of Antioxidants in Arsenic and Cadmium Toxicity. *Journal of Clinical Therapeutic*. **8** (6): 106-128.
- Peraturan Pemerintah, 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. 28 hlm.
- Prabowo, R. 2005. Akumulasi Kadmium Pada Daging Ikan Bandeng. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. **1** (2): 58 – 74.
- Rennika, Annurohim dan M. Abdulgani. Konsentrasi dan Lama Pemaparan Senyawa Organik dan Inorganik pada Jaringan Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) pada Kondisi *Sub Lethal*. *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. **2**(2):132-137.
- Riyadi, T. 1984. Analisis Kualitas Air. Pengendalian dan Pemeriksaan Kualitas Air. Bina Indra Karya: Surabaya
- Rochyatun, E, dan A. Rozak. Pemantauan Kadar Logam Berat Dalam Sedimen Di Perairan Teluk Jakarta. *Makara. Sains*. **11** (1): 28-36
- Rudianti, S., H. N. Halimah dan Haerudin. 2014. Analisa Beban Pencemaran Kegiatan Budidaya Tambak Bandeng Di Sungai Pasar Banggi Kabupaten Rembang. Universitas Diponegoro Semarang.
- Sandalio, L. M., H. C. Dalruzo, M. Gomez, M. C. Romero-Puertas and L. A. del Rio. 2001. Cadmium-induced Changes in the Growth and Oxidative

Metabolism of Pea Plants. *Journal of Experimental Botany*. **52** (364): 2115-2126.

Siswandari, W. 2005. Nilai Diagnostik Pemeriksaan Imunositokimia Limfosit Sediaan Darah Tepi Dibandingkan Analisis Kromosom Pada Penderita Dengan Dugaan Siderioma Fragile X. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.

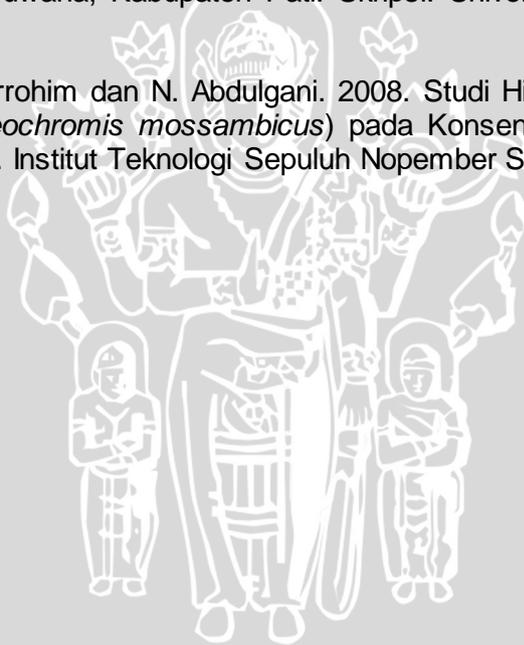
Susanto, E. 2010. Pengolahan Bandeng (*Chanos chanos* Forsk) Duri Lunak. Seri penyuluhan bagi masyarakat pesisir. 11 hlm.

Triadayani, A., R. Aryawati dan G. Diansyah. 2010. Pengaruh logam timbal (Pb) terhadap jaringan hati ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*). *Maspari Journal*. (1):42-47.

Ville, C. A., F. Warrant dan R. D. Barnes. 1999. Zoologi Umum. Erlangga: Jakarta.

Wibowo, A. P. 2014. Analisis Rantai Nilai (*Value Chain*) Komoditas Ikan Bandeng Di Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.

Widayati, D. E., Aunurrohmah dan N. Abdulgani. 2008. Studi Histopatologi Insang Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) pada Konsentrasi Sublethal Air Lumpur Sidoarjo. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Bahan yang Digunakan



Larutan Davidson



Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)



Sampel Insang yang Telah Diawetkan



Sampel Air



Insang Ikan Bandeng

### Lampiran 2. Alat yang Digunakan



Sectionset



Botol Sampel



pH Meter



DO Meter



Refraktometer



Styrofoam



**Lampiran 3. Nilai Skoring Kerusakan Jaringan pada Histopatologi Insang Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)**

Kelainan Patologi	Sampel	Ulangan	Area Lapang Pandang			Rerata LP	Rerata Sampel	
			1	2	3			
Hiperplasia	1	1	2	2	2	2	2,33	
		2	2	3	2	2,33		
		3	2	3	3	2,66		
	2	1	3	2	3	2,66		2,88
		2	3	3	3	3		
		3	3	3	3	3		
	3	1	3	3	4	3,33		3,77
		2	4	4	4	4		
		3	4	4	4	4		
Fusi	1	1	1	1	2	1,33	2,49	
		2	1	2	2	1,66		
		3	2	2	2	2		
	2	1	3	2	3	2,66		2,55
		2	3	2	2	2,33		
		3	2	3	2	2,33		
	3	1	2	3	3	2,66		2,66
		2	3	3	2	2,66		
		3	3	3	3	3		
Nekrosis	1	1	3	3	2	2,66	2,44	
		2	2	2	2	2		
		3	2	3	3	2,66		
	2	1	3	3	2	2,66		2,55
		2	3	3	2	2,66		
		3	2	2	3	2,33		
	3	1	2	2	2	2		2,55
		2	2	3	3	2,66		
		3	3	3	3	3		

**Lampiran 4. Perhitungan**

**a. Hiperplasia**

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Total A} &= 2+2.33+2,66 \\ &= 6,99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A rata-rata} &= \frac{6,99}{3} \\ &= 2,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total B} &= 2,66+3+3 \\ &= 8,66 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B rata-rata} &= \frac{8,66}{3} \\ &= 2,88 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total C} &= 3,33+4+4 \\ &= 7,99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C rata-rata} &= \frac{11,33}{3} \\ &= 3,77 \end{aligned}$$

Tabel Rerata Kerusakan Hiperplasia Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata ± sd
	1	2	3		
A	2	2,33	2,66	6,99	2,33 ± 0,33
B	2,66	3	3	8,66	2,88 ± 0,20
C	3,33	4	4	11,33	3,77 ± 0,38
				26,98	

Perhitungan Sidik Ragam

$$\begin{aligned} 1. \quad \text{Faktor Koreksi (FK)} &= \frac{G^2}{N} \\ &= \frac{26,98^2}{9} \\ &= 80,88 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad \text{Jumlah Kuadrat (JK Total)} &= (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + C3^2) - \text{FK} \\ &= (2,33^2 + 2,88^2 + 3,77^2) - 80,88 \\ &= 3,78 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad \text{JK Perlakuan} &= \frac{\sum(\sum xi)^2}{r} - \text{FK} \\ &= \frac{(TA^2 + TB^2 + TC^2)}{r} - \text{FK} \\ &= \frac{(6,99 + 8,66^2 + 11,55^2)}{r3} - 80,88 \\ &= 3,19 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 4. \quad JK \text{ galat/acak} &= JK \text{ Total} - JK \text{ perlakuan} \\
 &= 2,32 - 1,79 \\
 &= 0,59
 \end{aligned}$$

### Analisa Sidik Ragam

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	3,19	1,59	16,131**	5,14	10,92
Acak	6	0,59	0,099			
Total	8	3,78	-			

Keterangan (\*\*)= Berbeda sangat nyata

Dikarenakan nilai F hitung memiliki nilai yang lebih besar dari pada F tabel 5% dan F tabel 1% maka perhitungan dilanjutkan pada proses perhitungan Beda Nyata Terkecil (BNT).

- Perhitungan Uji Beda Nyata Terkecil

$$\begin{aligned}
 SED &= \sqrt{\frac{2 \text{KT}_{\text{acak}}}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \times 0,59}{3}} \\
 &= 0,057
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BNT } 5\% &= t_{5\%}(\text{db}_{\text{acak}}) \times SED \\
 &= 2,44691 \times 0,057 \\
 &= 0,139474
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BNT } 1\% &= t_{1\%}(\text{db}_{\text{acak}}) \times SED \\
 &= 3,70743 \times 0,057 \\
 &= 0,211324
 \end{aligned}$$

### Tabel BNT

Rerata Perlakuan		1	2	3	Notasi
		2,33	2,88	3,77	
1	2,33	0 <sup>ns</sup>	-	-	a
2	2,88	0,66**	0 <sup>ns</sup>	-	b
3	3,77	1,22**	0,5**	0 <sup>ns</sup>	c

Keterangan (\*\*)= Berbeda sangat nyata

ns = Tidak berbeda nyata

Berdasarkan hasil perhitungan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT), diketahui bahwa hasil yang diperoleh sangat berbeda nyata, dalam hal ini maka dilakukan perhitungan lanjutan dengan menggunakan *Polynomial Orthogonal*.

- Perhitungan Polynomial Orthogonal

Table Polynomial Orthogonal

Perlakuan	Hasil (Ti)	Pembanding	
		Linear	Kuadratik
1	6,99	-1	1
2	8,66	0	-2
3	11,33	1	1
$Q = \sum C_i \times T_i$		4,34	1
Hasil Kuadrat		2	6
$K_r = (\sum C_i)^2 \times$		6	18
$r_{ulangan}$			
$JK = \frac{Q^2}{K_r}$		3,13	0,055

➤ JK regresi total = JK Linear + JK Kuadratik

$$= 3,13 + 0,055$$

$$= 3,194$$

Table sidik ragam regresi

Sidik ragam	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	3,19	-	31,70265**	5,14	10,92
Linear	1	3,13	3,13	0,561041 <sup>ns</sup>		
Kuadratik	1	0,055	0,055			
Acak(galat)	6	0,94	0,099			
Total	8	3,78	0,47			

### b. Fusi

Perhitungan

$$\text{Total A} = 1,33 + 1,66 + 2$$

$$= 4,99$$

$$\text{Total B} = 2,66 + 2,33 + 2,33$$

$$= 7,65$$

$$\text{Total C} = 2,33 + 2,66 + 3$$

$$\text{A rata-rata} = \frac{4,99}{3}$$

$$= 2,49$$

$$\text{B rata-rata} = \frac{7,65}{3}$$

$$= 2,55$$

$$\text{C rata-rata} = \frac{7,99}{3}$$

= 7,99

= 2,66

Tabel Rerata Kerusakan Fusi Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata ± sd
	1	2	3		
A	1,33	1,66	2	4,9	2,49 ± 0,33
B	2,66	2,33	2,33	7,65	2,55 ± 0.20
C	2,33	2,66	3	7,99	2,66 ± 0,33
				20,63	

Perhitungan Sidik Ragam

5. Faktor Koreksi (FK) =  $\frac{G^2}{N}$   
 $= \frac{20,63^2}{9}$   
 $= 47,28$

6. Jumlah Kuadrat (JK Total) =  $(A^2 + B^2 + C^2 + \dots + C^2) - FK$   
 $= (2,49^2 + 2,55^2 + 2,66^2) - 20,63$   
 $= 2,32$

7. JK Perlakuan =  $\frac{\sum(\sum xi)^2}{r} - FK$   
 $= \frac{(TA^2 + TB^2 + TC^2)}{r} - FK$   
 $= \frac{(4,9^2 + 7,65^2 + 7,99^2)}{r \cdot 3} - 47,28$   
 $= 1,79$

8. JK galat/acak = JK Total – JK perlakuan  
 $= 2,32 - 1,79$   
 $= 0,52$

**Analisa Sidik Ragam**

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	1,79	0,89	10,34*	5,14	10,92
Acak	6	0,52	0,08			
Total	8	2,32	-			



Keterangan (\*) = Berbeda nyata

Dikarenakan nilai F hitung memiliki nilai yang lebih besar dari pada F table 5% maka perhitungan dilanjutkan pada proses perhitungan Beda Nyata Terkecil (BNT).

- Perhitungan Uji Beda Nyata Terkecil

$$\begin{aligned} \text{SED} &= \sqrt{\frac{2KT_{\text{acak}}}{r}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \times 0,08}{3}} \\ &= 0,047 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BNT } 5\% &= t_{5\%} (db_{\text{acak}}) \times \text{SED} \\ &= 2,44691 \times 0,047 \\ &= 0,115005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BNT } 1\% &= t_{1\%} (db_{\text{acak}}) \times \text{SED} \\ &= 3,70743 \times 0,047 \\ &= 0,174249 \end{aligned}$$

**Tabel BNT**

	Rerata Perlakuan	1	2	3	Notasi
		2,49	2,55	2,66	
1	2,49	0 <sup>ns</sup>	-	-	a
2	2,55	0,05 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>	-	a
3	2,66	0,16*	0,11 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>	b

Keterangan (\*) = Berbeda nyata  
ns = Tidak berbeda nyata

Berdasarkan hasil perhitungan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT), diketahui bahwa hasil yang diperoleh berbeda nyata, dalam hal ini maka dilakukan perhitungan lanjutan dengan menggunakan *Polynomial Orthogonal*.

- Perhitungan Polynomial Orthogonal

Table Polynomial Orthogonal

Perlakuan	Hasil (Ti)	Pembanding	
		Linear	Kuadratik
1	4,99	-1	1
2	7,65	0	-2
3	7,99	1	1
<b>Q = <math>\sum C_i \times T_i</math></b>		3	-2,32
<b>Hasil Kuadrat</b>		2	6
<b>Kr = <math>(\sum C_i)^2 \times r_{ulangan}</math></b>		6	18
<b>JK = <math>\frac{Q^2}{Kr}</math></b>		1,5	0,299

➤ JK regresi total = JK Linear + JK Kuadratik

$$= 1,5 + 0,299$$

$$= 1,7299$$

Table sidik ragam regresi

Sidik ragam	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	1,799	0	17,25**	5,14	10,92
Linear	1	1,55	1,5	3,44		
Kuadratik	1	0,299	0,299			
	6	0,521	0,86			
Acak(galat)						
Total	8	2,32	0,29			

### c. Nekrosis

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Total A} &= 2,66+2+2,66 \\ &= 7,32 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total B} &= 2,66+2+2,66 \\ &= 7,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total C} &= 2+2,66+3 \\ &= 7,99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A rata-rata} &= \frac{7,22}{3} \\ &= 2,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B rata-rata} &= \frac{7,65}{3} \\ &= 2,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C rata-rata} &= \frac{7,66}{3} \\ &= 2,553 \end{aligned}$$

Tabel Rerata Kerusakan Nekrosis Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata ± sd
	1	2	3		
A	2,66	2	2,66	7,32	2,44 ± 0,38
B	2,66	2,66	2,33	7,65	2,55 ± 0,20
C	2	2,66	3	7,66	2,553 ± 0,50
				22,63	

Perhitungan Sidik Ragam

$$\begin{aligned}
 9. \quad \text{Faktor Koreksi (FK)} &= \frac{G^2}{N} \\
 &= \frac{22,63^2}{9} \\
 &= 50,90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 10. \quad \text{Jumlah Kuadrat (JK Total)} &= (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + C3^2) - FK \\
 &= (2,44^2 + 2,55^2 + 2,553^2) - 50,90 \\
 &= 0,90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 11. \quad \text{JK Perlakuan} &= \frac{\sum(\sum xi)^2}{r} - FK \\
 &= \frac{(TA^2 + TB^2 + TC^2)}{r} - FK \\
 &= \frac{(7,32 + 7,65^2 + 7,66^2)}{r \cdot 3} - 50,90 \\
 &= 0,024
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 12. \quad \text{JK galat/acak} &= \text{JK Total} - \text{JK perlakuan} \\
 &= 0,90 - 0,024 \\
 &= 0,88
 \end{aligned}$$

**Analisa Sidik Ragam**

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	0,024	0,0124	0,085 <sup>ns</sup>	5,14	10,92
Acak	6	0,88	0,146			
Total	8	0,90	-			

Keterangan (ns) = tidak berbeda nyata.