

**KAJIAN HISTOPATOLOGI HATI IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) PADA  
TAMBAK BUDIDAYA YANG TERCEMAR 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:

**NELA DAMAYANTI**

**NIM. 115080501111034**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2015**

**KAJIAN HISTOPATOLOGI HATI IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) PADA  
TAMBAK BUDIDAYA YANG TERCEMAR 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:**

**NELA DAMAYANTI**

**NIM. 115080501111034**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2015**

KAJIAN HISTOPATOLOGI HATI IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) PADA  
TAMBAK BUDIDAYA YANG TECEMAR 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

Telah dipertahankan didepan Penguji  
Pada tanggal 23 November 2015  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Oleh :  
NELA DAMAYANTI  
NIM. 115080501111034

MENYETUJUI,

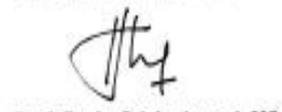
DOSEN PENGUJI I



Prof. Ir. Marsoed, Ph.D.  
NIP. 19460320 197303 1 001  
TANGGAL:

16 DEC 2015

DOSEN PEMBIMBING I



Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS  
NIP. 19611106 198602 2 001  
TANGGAL:

16 DEC 2015

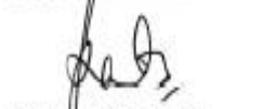
DOSEN PENGUJI II



Ir. Heny Suprastyani, MS  
NIP. 19620904 19871 2 001  
TANGGAL:

16 DEC 2015

DOSEN PEMBIMBING II



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

16 DEC 2015

MENGETAHUI,  
KETUA JURUSAN MSP



Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS  
NIP. 19620805 198603 2 001  
TANGGAL:

16 DEC 2015

## RINGKASAN

**Nela Damayanti.** Kajian Histopatologi Hati Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Pada Tambak Budidaya yang Tercemar Kadmiun (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 merupakan Negara yang memiliki potensi perikanan yang sangat besar, ikan bandeng merupakan salah satu komoditas yang memiliki keunggulan komparatif dibandingkan komoditas perikanan lainnya karena teknologi pembesaran dan pemeliharaannya telah dikuasai dan berkembang di masyarakat. Air muara sebagai media untuk budidaya ikan bandeng merupakan wadah akhir dari semua pencemaran. Salah satu pencemaran pada air adalah masuknya logam berat. Peningkatan logam berat di dalam perairan akan diikuti oleh peningkatan kadar zat dalam organisme air. Pencemaran logam berat di perairan akan membahayakan kehidupan organisme, salah satu logam berat yang memasuki perairan dan bersifat toksik adalah timbal dan cadmium. Timbal dan cadmium merupakan salah satu logam berat non esensial yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan pada makhluk hidup. Racun ini bersifat kumulatif, apabila terakumulasi dalam jumlah besar akan menyebabkan racun bagi organisme air.

Untuk mengetahui efek toksik dari logam berat dapat diuji dengan analisa histopatologi yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi kesehatan ikan melalui perubahan struktur yang terjadi pada organ yang menyerap logam berat seperti insang, hati dan ginjal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pencemaran cadmium dan timbal dari limbah industri terhadap budidaya ikan bandeng dan untuk mengetahui histopatologi hati ikan bandeng yang dibudidayakan dengan lama waktu yang berbeda pada tambak yang tercemar limbah industri.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif dengan menampilkan data dalam bentuk tabel, gambar dan grafik. Data dianalisis menggunakan regresi dengan 2 variabel yang terdiri dari Y adalah variabel terikat atau yang dipengaruhi yakni nilai skoring kerusakan dan variabel X adalah variabel yang mempengaruhi yakni lama pemeliharaan.

Nilai rata-rata skoring kerusakan degenerasi sel tertinggi terjadi pada lama pemeliharaan 2 bulan dan 3 bulan dengan nilai kerusakan 4 dan nilai terendah pada ikan bandeng dengan lama pemeliharaan 1 bulan dengan nilai kerusakan 2. Dari perhitungan BNT diketahui lama pemeliharaan 1 bulan tidak berbeda nyata dengan pemeliharaan 2 dan 3 bulan. Dan untuk kerusakan kongesti didapatkan hasil bahwa lama pemeliharaan tidak berpengaruh terhadap nilai kerusakan hati ikan bandeng. Hasil penelitian menunjukkan nilai rata-rata skoring nekrosis tertinggi terdapat pada ikan yang dipelihara selama 3 bulan dengan nilai kerusakan 3,33333 dan terendah pada ikan bandeng pemeliharaan 1 bulan dengan nilai kerusakan 1,66667. Dari hasil perhitungan BNT diketahui Lama pemeliharaan dan nilai skoring kerusakan hati ikan bandeng berbeda nyata antara lama pemeliharaan 1 bulan, 2 bulan dan 3 bulan. Semakin lama pemeliharaan ikan bandeng maka akan semakin meningkat nilai kerusakan jaringan.

## 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, 23 November 2015

Penulis



## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Rasulullah SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi yang berjudul "Kajian Histopatologi Hati Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Yang Dibudidayakan Di Tambak Yang Tercemar Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb) Dari Limbah Industri Di Desa Patuguran, Kecamatan Rejoso, Kabupaten pasuruan – Jawa Timur"

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

Malang, 23 November 2015

Penulis



## UCAPAN TERIMA KASIH

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

1. Puji Syukur Allah SWT atas segala nikmat dan karunia yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan lancar.
2. Keluarga tercinta Ibunda (Miftakhul khusnah) dan juga Ayahanda (Nur Jamil) serta kakak tersayang (Ruddy Setyawan) dan (Siti Zakiyati) senantiasa memberi dorongan yang kuat, motivasi dan do'a yang tiada putusnya kepada penulis.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS selaku dosen pembimbing I yang senantiasa dengan sabar dalam membimbing penulis.
4. 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.
5. Bapak Prof. Ir. Marsoedi, Ph.D dan ibu Ir. Heny Suprastyani, MS selaku dosen penguji yang juga memberikan bimbingan kepada penulis.
6. Kepada teman seperjuangan Team *Chanos chanos* penelitian Widuri Indriyani dan Laili W. Amalia (Oink) serta Prima, Maya, Haris, Putri, Holil dan Feby yang telah membantu dengan do'a dan telah sabar memberi semangat untuk menyelesaikan penelitian dan laporan ini.
7. Kepada Sahabatku "My Family" di Malang Via, Usna, Amel, Alvin dan Nayaka. Makasih Rek buat semangat do'anya dan slalu ada saat senang maupun susah. Kuliah bareng, magang bareng, nugas bareng. Pokoknya Sayang Kalian.
8. Kepada Fath Iskandarriansyah Terimakasih sudah menemani 4 tahun ini dan sampai seterusnya. Sabar dan selalu menemani disaat susah senang. Dan makasih atas perhatian dan dukungannya selama ini.

9. Kepada teman-teman BP 2011 (Aquatic Spartan) yang telah membantu dengan do'a dan memberi semangat untuk menyelesaikan laporan ini.



DAFTAR ISI

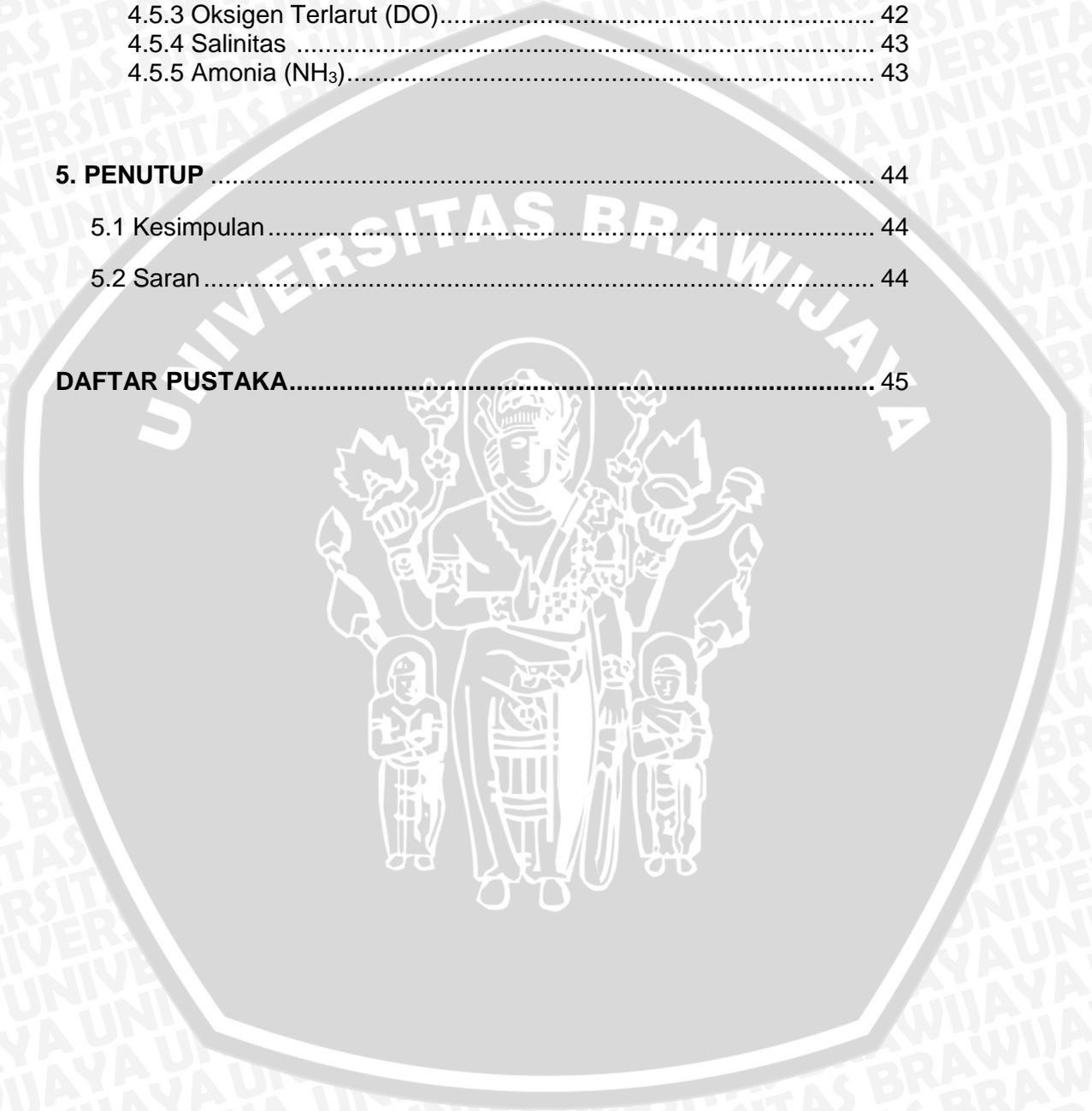
Halaman

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>iii</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	<b>iv</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>x</b>
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Hipotesis.....	4
1.5 Kegunaan .....	5
1.6 Tempat dan Waktu.....	5
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Biologi Ikan Bandeng ( <i>Chanos chanos</i> ) .....	6
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi .....	6
2.1.2 Habitat dan Penyebaran .....	7
2.2 Pencemaran Air .....	8
2.3 Pencemaran Di Kawasan Pesisir Pasuruan .....	8
2.4 Karakteristik Logam Berat .....	9
2.4.1 Logam Berat Timbal (Pb).....	9



2.4.2 Logam Berat Cadmium (Cd) .....	10
2.5 Dampak Logam Berat Terhadap Organisme Perairan .....	10
2.6 Pengamatan Histopatologi .....	11
2.7 Hati .....	13
2.7.1 Pengertian Hati .....	12
2.7.2 Fungsi Hati .....	14
2.8 Kualitas Air .....	14
2.8.1 Suhu .....	14
2.8.2 pH .....	15
2.8.3 Do (Oksigen Terlarut) .....	15
2.8.4 Salinitas .....	16
2.8.5 Amonia (NH <sub>3</sub> ) .....	16
<b>3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Materi Penelitian .....	18
3.1.1 Alat-alat Penelitian .....	18
3.1.2 Bahan-bahan Penelitian .....	18
3.2 Metode Penelitian .....	18
3.3 Prosedur Penelitian .....	19
3.3.1 Pengambilan sampel .....	19
3.3.2 Pengambilan Jaringan Ikan Sampel .....	19
3.3.3 Pembuatan Histopatologi Hati .....	20
3.4 Analisa Data .....	22
<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian .....	25
4.2 Hasil Kandungan Logam Berat dalam Air .....	25
4.3 Kandungan Logam Berat dalam Sedimen .....	26
4.4 Kerusakan Hati Ikan Bandeng ( <i>Chanos chanos</i> ) .....	27
4.4.1 Degenerasi Sel .....	28
4.4.2 Kongesti .....	33

4.4.3 Nekrosis.....	36
4.5 Parameter Penunjang .....	41
4.5.1 Suhu .....	41
4.5.2 Kadar Keasaman (pH) .....	41
4.5.3 Oksigen Terlarut (DO).....	42
4.5.4 Salinitas .....	43
4.5.5 Amonia (NH <sub>3</sub> ).....	43
<b>5. PENUTUP .....</b>	<b>44</b>
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran.....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>45</b>



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Ikan Bandeng ( <i>Chanos chanos</i> ).....	6
2 Alur Skoring (gerak zig zag).....	23
3 (A) Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng Normal, (X) Vena Sentralis, (Y), Hepatosit, (Z) Sinusoid (Fitrian, 2013) dan (B) Potongan Melintang Hati Yang Mengalami Kerusakan Dengan Menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 Dengan Perbesaran 400X dan Pewarnaan H-E, (X) Degenerasi Hidropis (Y) Degenerasi Lemak (Hasil Pengamatan).....	29
4 (A) Potongan Melintang Hati Ikan Bebek Yang Mengalami (1) Degenerasi Melemak (2) Degenerasi Hidropis (Triandayani et al. 2010), dan (B) Potongan Melintang Hati Yang Mengalami Kerusakan Dengan Menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 Dengan Perbesaran 400X dan Pewarnaan H-E, (X) Degenerasi Hidropis (Y) Degenerasi Lemak (Hasil Pengamatan).....	30
6 Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng Normal, (X) Vena Sentralis, (Y) Hepatosit, (Z) Sinusoid (Fitrian, 2013) dan (B) Potongan Melintang Hati Hasil Pengamatan Yang Mengalami Kerusakan Kongesti Dengan menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 Dengan Perbesaran 400X dan Pewarnaan H-E.....	34
7 (A) Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng Normal, (X) Vena Sentralis, (Y) Hepatosit, (Z) Sinusoid (Fitrian, 2013) dan (B) Potongan Melintang Hati Hasil Pengamatan Yang Mengalami Kerusakan Nekrosis Dengan Perbesaran 400X dan Pewarnaan H-E.....	37
8 Grafik Hubungan Lama Pemeliharaan Dengan Nilai Skoring Kerusakan (Nekrosis).....	39



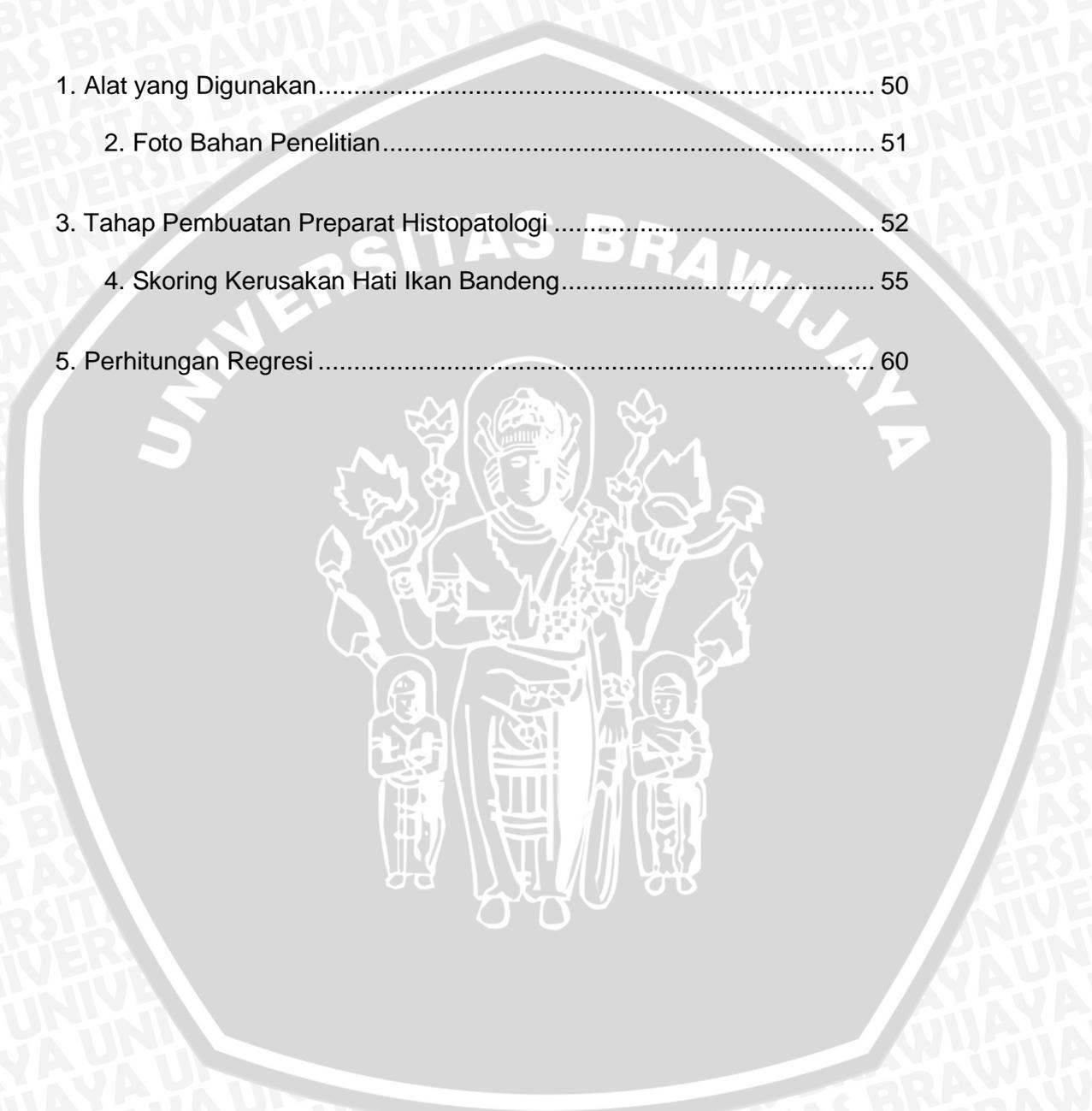
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Persentase Nilai Skoring.....	23
2. Hasil Analisis Kandungan Logam Berat dalam Air Cd dan Pb.....	26
3. Hasil Analisis Kandungan Logam Berat dalam Sedimen Cd dan Pb.....	27
4. Data Rata-rata Nilai Skoring Kerusakan Hati (Degenerasi Sel).....	30
5. Analisa Keragaman .....	31
6. Uji Beda Nyata Terkecil.....	32
7 Data Rata-rata Nilai Skoring Kerusakan Hati (kongesti).....	35
8. Analisis Keragaman .....	35
9. Data Rata-rata Nilai Skoring Kerusakan Hati (Nekrosis) .....	38
10. Analisis Keragaman .....	39
11. Uji Beda Nyata Terkecil .....	39



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat yang Digunakan.....	50
2. Foto Bahan Penelitian.....	51
3. Tahap Pembuatan Preparat Histopatologi .....	52
4. Skoring Kerusakan Hati Ikan Bandeng.....	55
5. Perhitungan Regresi .....	60



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki potensi perikanan yang sangat besar, hal ini terbukti dari adanya hasil perikanan yang telah banyak diekspor ke berbagai negara di dunia. Potensi perikanan tersebut berasal dari perikanan tangkap (baik dari perikanan laut ataupun perikanan perairan umum) dan perikanan budidaya. Jenis perikanan budidaya yang dilakukan di Indonesia meliputi budidaya laut, budidaya tambak, budidaya kolam dan budidaya sawah (Kordi, 2011).

Produksi perikanan budidaya berdasarkan lingkungannya dibagi menjadi budidaya air tawar (*freshwater aquaculture*) sebesar 58.1 % , budidaya air payau (*brackish-water aquaculture*) sebesar 12,8 dan budidaya air laut (*marine-water aquaculture*) sebesar 29,2 % (FAO, 2012). Total delapan ikan budidaya utama, ikan bandeng (*Chanos chanos*) berada di urutan teratas dengan produksi mencapai 550 ribu ton pada tahun 2008 dan ditargetkan mencapai 822 ribu ton pada tahun 2009 atau mengalami peningkatan 41,15% (Kawania, 2012).

Ikan bandeng merupakan salah satu komoditas yang memiliki keunggulan dibandingkan komoditas perikanan lainnya karena teknologi pembesaran dan pembenihannya telah dikuasai dan berkembang di masyarakat, persyaratan hidupnya tidak memerlukan kriteria kelayakan yang tinggi karena toleransi terhadap perubahan mutu lingkungan dan merupakan sumber protein ikan yang potensial bagi pemenuhan gizi serta pendapatan masyarakat. Bahkan Cholik *et al.*, (2005), menyatakan pendapatnya bahwa ikan bandeng dapat bertahan hidup dalam kisaran salinitas antara 8 – 105 ppt.

Menurut Prabowo (2005), perairan merupakan wadah akhir dari semua pencemaran produk manusia. Salah satu pencemaran pada badan air adalah masuknya logam berat. Peningkatan kadar logam berat di dalam perairan akan diikuti oleh peningkatan kadar zat tersebut dalam organisme air seperti ikan. Kontaminasi logam berat terhadap ekosistem perairan telah menjadi masalah dalam kesehatan lingkungan selama beberapa dekade. Kontaminasi logam berat pada ekosistem perairan secara intensif berhubungan dengan pelepasan logam berat oleh limbah domestik, industri dan aktivitas manusia lainnya. Kontaminasi logam berat dapat menyebabkan efek mematikan terhadap organisme dan menyebabkan ketidakseimbangan ekologis.

Pencemaran perairan ditandai dengan adanya perubahan sifat fisik, kimia dan biologi perairan. Bahan pencemar berupa logam berat di perairan akan membahayakan kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Salah satu jenis logam berat yang memasuki perairan dan bersifat toksik adalah timbal dan cadmium merupakan salah satu logam berat non esensial yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (toksisitas) pada makhluk hidup. Racun ini bersifat kumulatif, artinya sifat racunnya akan timbul apabila terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar dalam tubuh makhluk hidup (Purnomo, 2007).

Lingkungan perairan merupakan salah satu faktor penting dalam usaha budidaya ikan. Sungai merupakan salah satu sumber pengairan budidaya yang tidak terlepas dari hasil kegiatan manusia yang dapat menimbulkan pencemaran logam berat yang mempengaruhi aspek biologis dan ekologis perairan. Sungai merupakan pembawa limbah padat dan limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri maupun rumah tangga. Seperti pada sungai Rejoso di Kecamatan Rejoso Pasuruan yang telah tercemar logam berat. (Diliyana, 2008).

Menurut Widodo (2006) diketahui bahwa muara sungai Rejoso telah tercemar logam berat yang cukup tinggi. Pencemaran ini disebabkan oleh adanya industri - industri yang ada di kecamatan Rejoso yang membuang limbahnya kesungai. Pabrik yang kemungkinan sebagai sumber penghasil limbah logam berat yaitu : Pabrik Cheil Samsung Indonesia, didesa arjosari Kecamatan Rejoso. Pabrik ini memproduksi pupuk cair dan juga MSG, PT. Cheil Jedang Indonesia. PT. Arga Anan Nusa, PT. Philips seafoods Indonesia (produsen pengalengan, pengeringan dan pengelolaan ikan), PGLTU (pembangkit listrik tenaga uap) di kecamatan Lekok Pasuruan.

Untuk mengetahui efek toksik dari logam berat dapat diuji dengan spesies yang terdapat pada lingkungan tersebut salah satunya ikan. Ikan merupakan organisme air yang hidup dalam habitat yang terbatas sulit untuk menghindari dari pengaruh pencemaran di dalam air. Oleh karena itu unsur pencemaran logam berat dapat masuk ke dalam tubuh ikan. Pengaruh logam dapat terakumulasi dalam tubuh dan dapat menyebabkan kematian pada ikan. Logam berat atau toksisitas lainnya masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup terjadi melalui saluran pencernaan, pernapasan (Insang), kulit dan hati (Pikturalistiik, 2013).

Analisa histopatologi merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui kondisi kesehatan ikan melalui perubahan struktur yang terjadi pada organ-organ yang menyerap logam berat seperti insang, hati, ginjal dan sebagainya. Selain itu, penggunaan histopatologi dapat digunakan dalam memonitoring lingkungan dengan mengamati organ-organ tersebut yang memiliki fungsi penting dalam metabolisme tubuh sehingga dapat digunakan sebagai diagnosis awal terjadinya

gangguan pada suatu organisme dan lingkungan (Marina dan Martinez, 2007).

Oleh karena itu perlu dilakukan kajian histopatologi hati ikan bandeng yang dibudidaya di tambak yang tercemar (Cd dan Pb) untuk mengetahui bagaimana keadaan hati ikan yang dipelihara di tambak yang tercemar yang mengandung logam berat.

## 1.2 Perumusan Masalah

Desa Patuguran termasuk salah satu pesisir Kabupaten Pasuruan yang warganya memanfaatkan budidaya pembesaran ikan bandeng sebagai mata pecahariaan. Sumber air yang digunakan untuk budidaya ikan bandeng berasal dari muara sungai Rejoso yang terhubung dengan laut Pasuruan yang digunakan sebagai tempat aliran pembuangan limbah pabrik di Kecamatan Rejoso yaitu: Pabrik Cheil Samsung Indonesia, PT. Cheil Jedang Indonesia, PT. Arga Anan Nusa, PT. Philips Seafoods Indonesia dan PGLTU (pembangkit listrik tenaga uap). Pembuangan limbah industri secara terus menerus bukan saja mencemari air tetapi menyebabkan terkumpulnya logam berat pada sedimen dan biota perairan. Kandungan dari limbah industri sangat berbahaya untuk biota. Kondisi ini akan mempengaruhi histopatologi hati ikan bandeng (*chanos chanos*). Sehingga timbul permasalahan bagaimana kondisi histopatologi hati ikan bandeng yang dibudidayakan di tambak Desa Patuguran. Berkaitan dengan hal tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a) Apakah pencemaran cadmium (Cd) dan timbal (Pb) dari limbah industri berpengaruh terhadap histopatologi hati ikan bandeng ?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pencemaran cadmium (Cd) dan timbal (Pb) dari limbah industri terhadap histopatologi hati ikan bandeng yang dibudidayakan di Desa Patuguran.

### 1.4 Kegunaan

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang keadaan histopatologi hati ikan bandeng yang tercemar cadmium (Cd) dan timbal (Pb) dari limbah industri yang dibudidayakan di tambak Desa Patuguran Kecamatan Rejoso, Pasuruan.

### 1.5 Hipotesis

$H_0$ : Diduga pengaruh pencemaran cadmium (Cd) dan timbal (Pb) dari limbah industri pada ikan bandeng yang dibudidayakan di tambak Desa Patuguran tidak berpengaruh terhadap histopatologi hati ikan bandeng.

$H_1$ : Diduga pengaruh pencemaran cadmium (Cd) dan timbal (Pb) dari limbah industri pada ikan bandeng yang dibudidayakan di tambak Desa Patuguran berpengaruh terhadap histopatologi hati ikan bandeng.

### 1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April-Juni 2015 di tambak yang terletak di Desa Patuguran, Kecamatan Rejoso, Kabupaten pasuruan, Jawa timur. Pembuatan preparat histopatologi dilakukan di Laboratorium Histologi Kedokteran Rumah Sakit Saiful Anwar (RSSA) Malang dan pengamatan preparat histopatologi dilakukan di Laboratorium Patologi Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya, Malang. Sedangkan untuk analisa logam berat dan analisa sedimen

dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I Malang. Dan untuk pengukuran parameter kualitas air dilakukan di Laboratorium Kualitas Air UPT PBAP Bangil, Kabupaten Pasuruan.



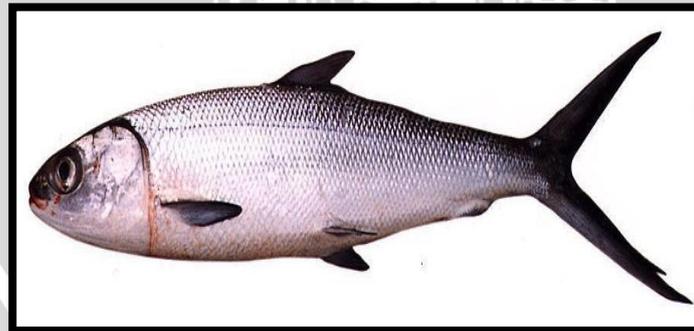
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

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

#### 2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Secara taksonomi sistematika ikan bandeng menurut Nelsen (1984) dalam Muntalim dan mas'ud (2014), adalah sebagai berikut :

Phylum	: Chordate
Subphylum	: Vertebrate
Superklas	: Gnathostomata
Klas	: Osteichthyes
Subklas	: Teleostei
Ordo	: Gonorynchiformies
Subordo	: Chanoidei
Famili	: Chanidae
Genus	: Chanos
Spesies	: <i>Chanos chanos</i> Forsk



**Gambar 1.** Ikan Bandeng (*Chanos-chanos*) (Zipcodezoo, 2011)

Ikan bandeng secara morfologi dicirikan dengan bentuk memanjang berbentuk seperti torpedo. Sirip ekornya bercabang (forked), pada bagian tubuhnya tersusun sisik - sisik kecil yang teratur membentuk *cycloid*. Tubuhnya berwarna putih keperakan terutama pada bagian perut (ventral), sedangkan pada

bagian punggung (dorsal) warnanya biru kehitaman. Garis linea lateralis jelas terlihat memanjang dari bagian belakang tutup insang sampai ke pangkal ekor (Gotanco dan menez, 2004 dalam Aqil, 2010).

Tubuh berbentuk memanjang, padat, pipih dan oval, kepala tidak bersisik, mulut terletak di ujung dan berukuran kecil. Rahangnya tanpa gigi. Mata tertutup oleh kulit benih (*subcytaneus*). tutup insang terdiri dari tiga bagian tulang, yaitu *operculum suboperculum* dan radii branhiostegi, semua tertutup selaput membrane branhiostegi. Sirip dada terletak dekat di belakang tutup insang dengan rumus jari-jari PI, 16 - 17. Sirip perut terletak dibawah perut, dengan rumus jari-jari VI, 10 - 11. Sirip dubur terletak dekat anus dengan rumus jari - jari A II, 8 - 9. Garis sisi (*linea lateralis*) terletak memanjang dari belakang tutup insang dan berakhir pada bagian tengah sirip ekor (Sudradjat, 2008).

### 2.1.2 Habitat dan Penyebaran

Ikan bandeng merupakan organisme perairan yang hidup disekitar pesisir dan pulau - pulau dengan terumbu koral (Nofyan, 2011). Ikan bandeng memiliki keunggulan yaitu mudah beradaptasi dan mempunyai toleransi tinggi terhadap kadar garam 0 - 158 ppt sehingga ikan dapat dibudidayakan di perairan tawar, payau maupun laut (Fidyandini, 2012). Di alam ikan bandeng banyak dijumpai di daerah pantai dan pulau di daerah tropik di indo - pasifik. Kelimpahan tertinggi terdapat di daerah Asia Tenggara dan sebelah barat perairan pasifik. Ikan bandeng hidup pada berbagai tipe habitat, meliputi perairan pantai, muara, kawasan mangrove, danau pinggir pantai, daerah pasang surut, sungai (Aqil, 2010).

Ikan bandeng hidup di Samudera Hindia dan Samudera Pasifik dan cenderung berkawan di sekitar pesisir dan pulau - pulau dengan terumbu koral. Ikan yang muda dan baru menetas hidup di laut selama 2 - 3 minggu, dan

berpindah ke rawa - rawa bakau berair payau dan bisa berkembang biak (Romadon dan Subekti, 2011).

## 2.2 Pencemaran Air

Air secara kimia terdiri dari atom H dan O yang mempunyai sifat multi guna. Perairan merupakan wadah akhir dari semua pencemaran produk manusia dan industri. Pencemaran dalam air dapat ditandai dengan adanya perubahan fisik, kimia, dan biologi. Secara fisik dapat dilihat dari kekeruhan air atau dari warna yang transparan dan tembus cahaya, atau dari bau yang menyengat. Air tercemar dapat diketahui juga dengan adanya kematian pada biota dan terganggunya organisme dalam suatu perairan (Herlambang, 2006).

Air adalah suatu zat pelarut yang bersifat berdaya guna, yang mampu melarutkan zat - zat lain dalam jumlah yang lebih besar dari pada zat cair lainnya. Sifat ini dapat dilihat dari banyaknya unsure - unsur pokok yang terdapat dalam air (Hutabarat dan Evans, 2008). Pencemaran diartikan sebagai adanya kotoran atau hasil buangan aktivitas makhluk hidup. Salah satu pencemaran dalam air adalah logam berat. Logam berat menjadi ancaman yang ada di perairan. Salah satu pencemaran logam berat yang dapat menurunkan kualitas perairan adalah cadmium dan timbal (Trisnawaty *et al.*, 2013).

## 2.3 Pencemaran Di Kawasan Pesisir Pasuruan

Kabupaten Pasuruan merupakan salah satu daerah dengan perkembangan dalam sektor industri di wilayah pesisir. Selain memberikan keuntungan ekonomis juga menimbulkan berbagai persoalan seperti adanya dampak lingkungan. Pemanfaatan ruang wilayah pesisir yang berkembang secara intensif mengakibatkan terlaupauinya daya dukung atau kapasitas berkelanjutan dari ekosistem pesisir, masalah pencemaran ini disebabkan aktivitas manusia seperti pembukaan lahan untuk pertanian, pengembangan perkotaan dan industri,

penebangan kayu dan penambangan di daerah tangkapan air atau daerah aliran sungai serta limbah yang berasal dari rumah tangga (Fransisca, 2011).

Wilayah pesisir dan laut merupakan salah satu ekosistem yang sangat produktif dan dinamis. Oleh karena itu sering kali pembangunan umumnya terpusat di kawasan tersebut. Pembangunan pesisir berdampak perubahan kondisi kualitas air pada aliran sungai merupakan dampak dari buangan dari penggunaan lahan yang ada (Agustiningsih, 2012).

## **2.4 Karakteristik Logam Berat**

### **2.4.1 Logam Berat Timbal (Pb)**

Timbal merupakan salah satu logam berat non esensial yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (toksisitas) pada makhluk hidup. Racun ini bersifat kumulatif, artinya sifat racunnya akan timbul apabila terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar dalam tubuh makhluk hidup. Timbal terdapat dalam air karena adanya kontak antara air dengan tanah atau udara tercemar timbal, air yang tercemar oleh limbah industri atau akibat korosi pipa (Ulfin, 1995 *dalam* Purnomo dan Muchyiddin, 2007).

Secara alamiah timbal (Pb) masuk ke dalam perairan melalui pengkristalan di udara dengan bantuan air hujan dan proses korofikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang angin (Petrus dan Rachmansyah, 2002 *dalam* Ningrum, 2006). Sumber dari kegiatan manusia diantaranya limbah industri, pertanian dan kegiatan transportasi yang mengandung logam berat, dapat mengkontaminasi perairan sungai maupun laut dan bioakumulasi dalam rantai makanan yang berasal dari perairan tersebut seperti ikan dan kerang (Inswiasri *et al.*, 1997 *dalam* Ningrum 2006).

#### 2.4.2 Logam Berat Cadmium (Cd)

Logam kadmium (Cd) merupakan salah satu limbah industri yang beracun dan berbahaya bagi kehidupan organisme perairan. Limbah Cd ini berasal dari beberapa sumber antara lain pertambangan dan industri. Di berbagai industri, Cd dipakai sebagai komponen pelapis atau pencampur logam, patri aluminium, pembuatan klise, amalgam dalam kedokteran gigi, sebagai campuran pupuk fosfat, sabun, tekstil, kertas, karet, tinta cetak, kembang api dan lainnya (Dewi, 2004) Logam berat Cd sukar mengalami proses pelapukan baik secara kimiawi, fisika maupun biologi. Dalam perairan logam berat tersebut sekalipun kadarnya relatif rendah, dapat terabsorpsi dan terakumulasi secara oleh hewan air, dan akan terlibat dalam sistem jaringan makanan (Prabowo, 2005).

Menurut Bangun (2005), Logam cadmium mempunyai berat atom 112.41; titik cair 321°C dan massa jenis 8,65 gr/ml. Keberadaan cadmium di perairan berhubungan erat dengan logam berat Pb dan Zn. Dalam proses pemurnian di industri pertambangan Pb dan Zn akan memperoleh cadmium yang terbuang dalam perairan.

#### 2.5 Dampak Logam Berat Terhadap Organisme Perairan

Logam berat yang sudah masuk perairan, akan mengalami proses akumulasi. Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh organisme perairan melalui rantai makanan, *branchia* serta difusi permukaan kulit, sehingga dalam tubuh makhluk hidup akan terjadi bioakumulasi dan konsentrasi logam tersebut dapat melebihi konsentrasi logam dalam air. Akumulasi dalam tubuh makhluk hidup ini dapat terjadi karena logam berat yang sudah masuk ke dalam tubuh makhluk hidup cenderung membentuk senyawa kompleks dengan zat organik yang terdapat dalam tubuh. Akibatnya, logam terfiksasi dan tidak di sekresi. Pada konsentrasi tertentu, logam berat dapat mematikan biota laut (Riani, 2004 dalam Ningrum,

2006). Logam berat yang masuk dalam perairan dapat merubah struktur perairan, jaring makanan, genetik, bentuk fisik. Logam berat dapat merusak stabilitas, keanekaragaman ekosistem perairan (Samsundari dan perwira, 2011).

Logam – logam berat yang terlarut dalam badan perairan pada konsentrasi tertentu akan berubah fungsi menjadi sumber racun bagi kehidupan perairan. Meskipun daya racun yang ditimbulkan oleh satu logam berat terhadap semua biota perairan tidak sama, namun hilangnya sekelompok organisme tertentu dapat mengakibatkan terputusnya satu mata rantai kehidupan. Pada tingkat lanjutnya, keadaan tersebut saja dapat menghancurkan satu tatanan ekosistem perairan (Palar, 1994).

## 2.6 Pengamatan Histopatologi

Menurut Setyowati *et al.*, (2012), analisa histopatologi dapat digunakan sebagai biomarker untuk mengetahui kondisi kesehatan ikan melalui perubahan struktur yang terjadi pada organ - organ yang menjadi sasaran utama dari bahan pencemar seperti insang, hati, ginjal, otot dan sebagainya. Selain itu, penggunaan biomarker histopatologi dapat digunakan dalam memonitoring lingkungan dengan mengamati organ - organ tersebut yang memiliki fungsi penting dalam metabolisme tubuh sehingga dapat digunakan sebagai diagnosis awal terjadinya gangguan kesehatan pada suatu organisme.

Analisis histopatologi merupakan serangkaian proses pembuatan preparat yang diamati di bawah mikroskop. Perubahan pada tingkat sel maupun tingkat jaringan baik secara morfologi maupun secara fisiologi (Tugiyono, 2009).

Berikut merupakan prosedur pembuatan preparat histopatologi menurut Barlianto (2008), adalah :

a) Persiapan jaringan

- *Fiksasi*

Dapat dilakukan sebelum atau sesudah penyayatan jaringan dan dilakukan sesuai dengan tujuan pemeriksaan. Tujuan *fiksasi* antara lain adalah untuk mempertahankan struktur sel seperti semula, mencegah terjadinya proses *autolysis* oleh enzim dan mencegah pertumbuhan bakteri atau jamur. Bahan fiksasi yang dapat digunakan untuk mengawetkan jaringan adalah larutan bouin yang terdiri dari asam pikrat jenuh, formaldehyde dan asam cuka glacial. Buffer formalin dapat juga digunakan sebagai bahan *fiksasi* jaringan.

b) Pemrosesan jaringan

- *Dehidrasi*

Proses ini bertujuan untuk melakukan penarikan air dari dalam jaringan secara perlahan sehingga jaringan tidak menyempit. Bahan yang digunakan untuk penarikan air harus mulai dengan *prosentase* dan konsentrasi yang rendah kemudian dinaikkan secara bertahap sampai *prosentasi absolute*. Umumnya bahan yang digunakan untuk menarik air pada jaringan adalah alkohol.

- Penjernihan (*Clearing*)

Penjernihan merupakan tahap transisi, bahan yang digunakan pada tahap ini mempunyai 2 sifat yaitu, dapat melarutkan atau dilarutkan oleh bahan yang digunakan untuk menarik air dari dalam jaringan, dapat melarutkan dan dilarutkan oleh bahan yang digunakan untuk menanam jaringan (*embedding*).

- *Embedding* (Pencetakan jaringan)

Suhu antara paraffin dengan jaringan harus mendekati sama, jika terjadi suatu perbedaan yang mencolok antara paraffin dan jaringan yang akan ditanam maka akan nampak seperti terdapat gelembung udara disekitar jaringan.

- Penyayatan jaringan

Alat yang digunakan adalah mikrotom. Kuantitas sayatan jaringan ditentukan oleh ketajaman pisau, sudut potong, kualitas pemrosesan jaringan, kualitas pengeblokan, pemindahan jaringan ke *water bath* dan suhu *water bath* harus berkisar 45-50°C.

- Pewarnaan jaringan

Secara fungsional zat warna dikenal ada yang digunakan untuk mewarnai sel (*haematoksilin* dan *tolodin blue*), dan ada yang digunakan untuk mewarnai sitoplasma sel (eosin dan safranin).

## 2.7 Hati

### 2.7.1 Pengertian Hati

Menurut Fujaya (2008), Hati merupakan organ penting yang mensekresi bahan untuk proses pencemaran. Organ ini umumnya merupakan suatu kelenjar kompak, berwarna merah kecoklatan tersusun oleh sel-sel hati (hepatosit). Hati merupakan organ penting yang mensekresi bahan untuk proses pencernaan, hati merupakan organ yang rentang terhadap pengaruh zat kimia dan menjadi organ sasaran utama dari zat kimia (Triadayani *et la.*, 2010).

Menurut Subandiyono dan Hastuti (2010), menyatakan bahwa hati mampu mensintesis atau menyimpan nutrien yang terserap, memproduksi cairan empedu, dan sebagai pembuangan beberapa produk limbah dari darah. Berdasarkan

fungsinya tersebut, hati merupakan organ yang paling banyak mengakumulasi zat toksik yang masuk dalam tubuh sehingga dapat dengan mudah terkena efek toksik. Suatu toksikan dalam hati akan dihentikan (nonaktifkan) oleh enzim - enzim dalam hati, namun apabila toksikan masuk secara terus menerus, besar kemungkinan hati akan jenuh terhadap toksikan (tidak mampu mendetoksifikasi toksik lagi), sehingga metabolisme dalam hati akan menurun. Apabila metabolisme terganggu, maka proses detoksifikasi menjadi kurang efektif dan menyebabkan senyawa metabolit bereaksi dengan unsur sel, sehingga memicu kematian sel.

### 2.7.2 Fungsi Hati

Hati merupakan organ vital yang berfungsi sebagai detoksifikasi dan mensekresi bahan kimia yang digunakan untuk proses metabolisme dan transformasi bahan pencemar dari lingkungan. Hati merupakan organ paling banyak mengakumulasi zat toksik sehingga mudah terkena efek toksik (Setyowati *et al.*, 2012).

Fungsi hati bermacam-macam. Hati penting untuk metabolisme lipid, karena lipid diangkut di dalam darah sebagai lipoprotein, dan lipoprotein ini dibentuk didalam hati. Hati juga menawarkan berbagai bahan toksik dalam aliran darah (Lesson, 1995).

## 2.8 Kualitas Air

### 2.8.1 Suhu

Suhu adalah salah satu faktor yang penting bagi kehidupan organisme perairan, karena itu suhu mempengaruhi baik aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme - organisme tersebut (Hutabarat dan Evans, 2008). Perubahan suhu air akan langsung mempengaruhi derajat metabolisme ikan. selain beradaptasi dalam suhu tinggi atau suhu rendah tertentu, ikan juga mempunyai sifat tersendiri dalam beradaptasi (Jubaedah, 2006).

Suhu pada air mempengaruhi kecepatan reaksi kimia, baik dalam media luar maupun air (cairan) dalam tubuh ikan. suhu makin naik maka reaksi kimia akan semakin cepat, sedangkan konsentrasi gas dalam air akan makin turun. Konsumsi oksigen dan fisiologi tubuh ikan juga akan mengalami kerusakan atau kekancauan sehingga ikan akan sakit. Suhu rendah akan mengurangi imunitas (kekebalan tubuh) ikan, sedangkan suhu tinggi akan mempercepat ikan terkena infeksi bakteri (Lesmana, 2001).

### **2.8.2 Kadar Keasaman (pH)**

Nilai pH menyatakan nilai konsentrasi ion hydrogen dalam suatu larutan. Kemampuan air untuk mengikat atau melepaskan sejumlah ion hydrogen akan menunjukkan apakah larutan tersebut bersifat asam atau basa. Nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme air pada umumnya terdapat antara 7 sampai 8,5. Kondisi perairan bersifat sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi (Barus, 2002).

Tingkat keasaman (pH) perairan merupakan parameter kualitas air yang penting dalam ekosistem tambak. Perubahan pH ditentukan oleh aktivitas fotosintesis dan respirasi dalam ekosistem. Nilai pH perairan berkaitan dengan konsentrasi karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dalam ekosistem. Semakin tinggi karbon dioksida, pH perairan semakin rendah. Konsentrasi karbon dioksida ditentukan pula oleh keseimbangan antara proses fotosintesis dan respirasi, kisaran pH yang baik untuk ikan bandeng adalah 7,5 – 8,5 (Handajani dan Hastuti, 2002).

### **2.8.3 DO (Oksigen Terlarut)**

Oksigen terlarut merupakan suatu faktor yang sangat penting di dalam ekosistem air, terutama dalam proses respirasi bagi sebagian besar organisme air. Umumnya kelarutan oksigen dalam air sangat terbatas, dibandingkan dengan kadar oksigen di udara yang mempunyai konsentrasi sebanyak 21% volum, air

hanya mampu menyerap oksigen sebanyak 1% volum saja. Sumber oksigen terlarut dalam air adalah penyerapan oksigen dari udara melalui kontak antara permukaan air dengan udara, dan dari proses fotosintesis (Barus, 2002).

Oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen* = DO) dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan. Disamping itu, oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik atau anorganik. Oksigen memegang peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik (Salmin, 2005).

#### 2.8.4 Salinitas

Salinitas merupakan nilai yang menunjukkan jumlah garam - garam terlarut dalam suatu volum air yang biasanya dinyatakan dengan satuan promil (‰). Kandungan utama dari air laut dibentuk oleh ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ , secara alami kandungan garam terlarut dalam air dapat meningkat apabila populasi dari hewan dan bakteri air akan meningkatkan proses mineralisasi yang menyebabkan kadar garam air meningkat. Toleransi dari organisme air terhadap kadar salinitas dapat dibedakan antara *stenohalin*, yaitu organisme yang mempunyai kisaran toleransi yang sempit terhadap salinitas, sedangkan *euryhalin* adalah organisme air yang mempunyai toleransi yang luas atau lebar terhadap salinitas (Barus, 2002).

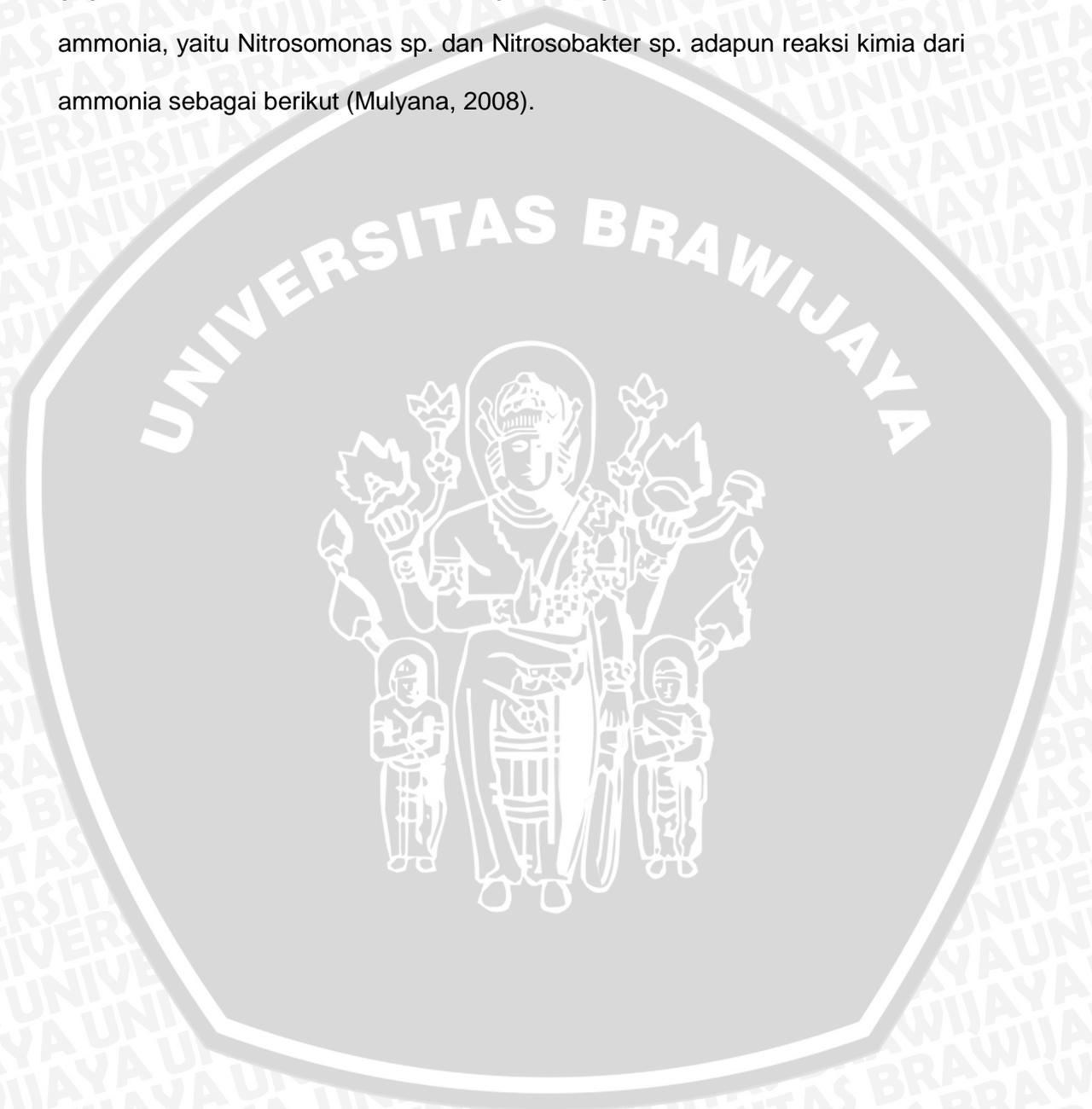
Bandeng cocok dipelihara pada air yang salinitasnya payau (10-20 ppt) dan pertumbuhannya lambat cenderung lambat pada air yang salinitasnya rendah (< 7 ppt) atau terlalu tinggi (> 30 ppt) (Kordi, 2008).

#### 2.8.5 Amonia ( $\text{NH}_3$ )

Amonia adalah racun yang sangat berbahaya dan dapat mengakibatkan kematian pada ikan di perairan. Secara kimia amonia berada dalam dua bentuk, yaitu *Unionized Amonia* (UIA) atau  $\text{NH}_3$  dan *Ionized Amonia* atau IA ( $\text{NH}_4$ ).

Keberadaan UIA yang melebihi kadar normal dalam air dapat membuat ikan mabuk dan keracunan (Lesmana, 2001).

Oksidasi amonia juga dapat berjalan cepat sehingga substansi ini menjadi gugus  $\text{NO}_2$  atau  $\text{NO}_3$  pada air mengalir dengan bantuan bakteri perombak ammonia, yaitu *Nitrosomonas* sp. dan *Nitrosobakter* sp. adapun reaksi kimia dari ammonia sebagai berikut (Mulyana, 2008).



### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

##### 3.1.1 Alat-alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian tentang Kajian histopatologi hati ikan bandeng pada tambak yang tercemar kadmium (Cd) dan timbal (Pb) dari limbah industri di Desa Patuguran, Kecamatan Pasuruan – Jawa Timur yaitu *section set*, *coolbox*, pipet tetes, botol sampel, Do meter, pH meter, termometer dan refraktometer.

##### 3.1.2 Bahan-bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian tentang kajian histopatologi hati ikan bandeng pada tambak yang tercemar kadmium (Cd) dan timbale (Pb) dari limbah industri di Desa Patuguran, Kecamatan Pasuruan – Jawa Timur yaitu Ikan bandeng yang berasal dari tambak di Desa Patuguran, sampel air tambak, larutan davidson, kertas label, plastik, sampel air, sampel hati ikan bandeng, sampel sedimen dan es batu.

#### 3.2 Metode Penelitian

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

Menurut Hartoto (2009), penelitian deskriptif merupakan metode penelitian yang berusaha menggambarkan dan menginterpretasi objek sesuai dengan apa

adanya. Penelitian ini juga sering disenut *non eksperimen*, karena pada penelitian ini penelitian tidak melakukan control dan manipulasi variabel penelitian. Dengan metode deskriptif, penelitian memungkinkan untuk melakukan hubungan antar variabel, menguji hipotesis, mengembangkan generalisasi, dan mengembangkan teori yang memiliki validitas universal. Di samping itu, penelitian deskriptif juga merupakan penelitian, dimana pengumpulan data untuk melihat pertanyaan penelitian atau hipotesis yang berkaitan dengan keadaan dan kejadian sekarang.

### **3.3 Prosedur Penelitian**

#### **3.3.1 Pengambilan Sampel**

Sampel air diambil secara langsung dari petakan tambak ikan bandeng kemudian ditempatkan pada botol air mineral 600 ml. Air yang diambil dari petakan tambak Patuguran adalah air permukaan dan kemudian diletakkan pada *coolbox* untuk selanjutnya dianalisis di laboratorium. Hasil pengujian sampel air didapatkan dari Laboratorium Kualitas Air Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I Malang. Pengambilan sampel air dilakukan pada 3 tambak ikan bandeng dengan lama pemeliharaan yang berbeda. Parameter utama yang diamati yaitu kerusakan jaringan hati ikan bandeng, kandungan Pb dan Cd dalam tambak. Parameter penunjang yaitu pengukuran kualitas air diantaranya suhu, DO, pH dan salinitas.

Pengambilan sedimen juga dilakukan di sungai dan tambak budidaya. Sedimen diambil dengan menggunakan alat sendok kemudian dimasukkan kedalam plastik dan diberi tanda, kemudian dimasukkan pada *coolbox* selanjutnya dianalisis di laboratorium. Hasil pengujian sampel air didapatkan dari Laboratorium Kualitas Air Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I Malang.

### 3.3.2 Pengambilan Sampel Ikan

Ikan sampel yang akan diamati jaringannya yaitu ikan yang di budidayakan di tambak Desa Patuguran, Kecamatan Rejoso, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Sampel ikan yang akan di ambil jaringannya adalah ikan bandeng yang dipelihara selama 1 bulan, ikan bandeng yang dipelihara selama 2 bulan dan ikan bandeng yang dipelihara selama 3 bulan dengan ukuran yang sama pada setiap perlakuan. Sampel ikan bandeng di letakkan pada *coolbox*. Yang berisis es batu untuk kemudian di bawa ke laboratorium dan di lakukan pembedahan untuk mengambil hati ikan.

Caranya yaitu ikan bandeng dibedah dari anus, dipotong ke arah dorsal sampai tutup insang. Setelah itu, diambil organ yang diinginkan yaitu hati menggunakan bantuan pinset, lalu dimasukkan dalam botol sampel yang sudah berisi larutan davidson untuk pengawetan jaringan.

### 3.3.3 Pembuatan Histopatologi Hati

Tahap berikutnya adalah pengamatan histopatologi ikan, yaitu organ dalam berupa hati diambil dan diletakkan ke dalam botol sampel yang sudah berisi larutan davidson. Kemudian dilakukan pembuatan preparat histopatologi. Pembuatan preparat histopatologi terdiri dari proses *fiksasi*, *dehidrasi*, *clearing*, *impregnasi*, *embedding*, dan teknik pewarnaan jaringan dengan menggunakan HE.

#### 1. Tahap *Fiksasi*

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

## 2. Tahap *Dehidrasi*

Tahap *dehidrasi* dilakukan dengan penarikan air secara bertahap menggunakan alat *auto technicon* selama 20 jam. Tabung *auto technico* terdiri atas alkohol 70% selama 1 jam, alkohol 80% selama 1 jam, alkohol 90% selama 2 jam, alkohol 96% selama 2 jam, alkohol *absolute* 1 selama 2 jam dan alkohol *absolute* 2 selama 2 jam .

## 3. Tahap *Clearing*

Tahap *clearing* bertujuan untuk mentransparankan serta menggantikan larutan alkohol dari jaringan. Dilakukan dengan mencelupkan kedalam larutan xylon 1 selama 1 jam, xylon 2 selama 2 jam dan xylon 3 selama 3 jam.

## 4. Tahap *Impregnasi*

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

## 5. Tahap *Embedding* (pengeblokan)

Tahap ini bertujuan untuk memudahkan penyayatan dengan menggunakan mikrotom. Selama penyayatan bahan yang sudah diblok selesai, langkah berikutnya adalah memasukkan hasil sayatan kedalam *waterbath* (*temperatur* 40°C), kemudian pilih hasil sayatan yang terbaik dan siapkan obyek glass (untuk persiapan perwarnaan HE) sebelum obyek glass harus diolesi perekat polyisin. Berikutnya, keringkan pada oven dengan suhu 50°C - 60°C kurang lebih selama 30 menit.

## 6. Teknik pewarnaan jaringan dengan menggunakan HE

Pewarnaan dengan menggunakan HE dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut :

- Deparafinisasi : dilakukan dengan menggunakan hasil sayatan jaringan berturut - turut kedalam xylon 1 selama 5 menit, xylon 2 selama 5 menit dan xylon 3 selama 5 menit.
- Hidrasi : dilakukan dengan memasukkan hasil sayatan berturut - turut kedalam 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 dimasukkan kedalam air mengalir selama 10 menit.
- Cat utama : dilakukan dengan menambahkan pewarna haematoksilin selama 5 menit dan eosin 1% selama 3-5 menit.
- Dehidrasi : dilakukan dengan memasukkan hasil sayatan jaringan kedalam 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 memasukkan hasil sayatan jaringan kedalam xylon 1 selama 5 menit, xylon 2 selama 5 menit an xylon 3 selama 5 menit.

## 7. Teknik Mounting

Preparat dilem dengan menggunakan *DPX mounting* 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 haematoksilin yang bersifat basa, sedangkan sitoplasma yang bersifat basa akan berwarna merah oleh eosin yang bersifat asam.

### 3.4 Analisa Data

Analisa data dengan menggunakan metode deskriptif yaitu dengan menampilkan data dalam bentuk tabel, gambar dan grafik sehingga menghasilkan informasi mengenai kandungan logam berat cadmium (Cd) dan timbal (Pb) pada hati ikan bandeng, tambak di Desa Patuguran, Kecamatan Rejoso, Kabupaten Pasuruan. Menurut Zulnaldi (2007), metode deskriptif dapat diartikan sebagai prosedur pemecahan masalah yang diselidiki dengan menggambarkan atau melukiskan keadaan subyek atau obyek penelitian (seseorang, lembaga, masyarakat dan lain - lain) pada saat sekarang berdasarkan fakta - fakta yang tampak atau sebagaimana adanya.

Untuk hasil uji histopatologi hati ikan bandeng menggunakan analisa secara deskriptif. Untuk mengetahui tingkat kerusakan jaringan pada hati ikan bandeng yang tercemar logam berat cadmium (Cd) dan timbal (Pb) maka dilakukan analisis statistik pemberian skoring dengan metode kuantitatif. Menurut kakkilaya (2002), yang digunakan untuk menghitung jumlah area yang terwanai dan dilakukan secara manual dengan menghitung persentasenya. Pembacaan dimulai dari tepi kiri (sesuai dengan posisi ekor preparat) kearah kepala kemudian turun ke bawah dan



## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Diskripsi Lokasi Penelitian

Kabupaten Pasuruan terletak diantara  $112^{\circ} 33' 55''$  –  $113^{\circ} 30' 37''$  bujur Timur dan antara  $70^{\circ} 32' 34''$  –  $80^{\circ} 30' 20''$  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 Gombang, Sungai Welangan, Sungai Masangadan, Sungai Kadunglarang. Budidaya air payau di Kabupaten Pasuruan berupa budidaya tambak berada di 5 kecamatan yaitu Bangil, Kraton, Rejoso, Lekok dan Nguling dengan luas tambak keseluruhan mencapai 3.999,9 Ha dan terdapat tambak tradisional yang terletak di Desa Jarangan dan Patuguran, pada Desa Patuguran membentang Sungai Rejoso yang merupakan sumber air tawar untuk tambak - tambak tradisional untuk desa.

### 4.2 Hasil Kandungan Logam Berat dalam Air

Logam berat yang masuk ke dalam perairan berasal dari berbagai macam kegiatan, baik dari hasil kegiatan industri maupun dari pertanian dan peternakan. Masuknya bahan pencemar dalam perairan terutama logam berat sangat membahayakan bagi organisme dalam air terutama ikan. berdasarkan dampak yang ditimbulkan dari pencemaran logam berat maka diperlukan nilai ambang batas dari konsentrasi logam berat yang direkomendasikan untuk budidaya ikan.

Pada pengujian kandungan logam Pb pada air tambak didapatkan hasil yaitu  $< 0,0044$  mg/l, sedangkan pada pengujian logam berat Cd didapatkan hasil sebesar  $< 0,0024$  mg/l. Hasil analisis kandungan logam berat Pb dan Cd dalam air tambak secara jelas dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Analisis Kandungan Logam Berat dalam Air Cd dan Pb

Jenis sampel	Jenis Logam berat	Hasil	Baku mutu
Air tambak	Pb (mg/l)	< 0,0044 (mg/l)	(0,003 mg/l) *
	Cd (mg/l)	< 0,0024 (mg/l)	(0,001 mg/l) *

Keterangan:

\* Berdasarkan Kep. Men. LH No.51 thn 2004 Baku Mutu Air Laut, Untuk Biota Laut.

Penelitian ini terlihat bahwa kandungan Pb pada air tambak menunjukkan kandungan logam berat lebih kecil di dibandingkan dengan nilai ambang batas dan untuk nilai kandungan Cd pada air tambak menunjukkan kandungan logam berat lebih besar dibandingkan dengan nilai ambang batas berdasarkan KMNLH (2004). Berdasarkan data hasil pengamatan kandungan Pb dan Cd dalam tambak memiliki nilai yang relatif rendah. Itu di karenakan pada saat pengambilan air tambak pada saat terjadi air pasang laut sehingga terjadi penambahan air dalam tambak. Diduga akibat pertukaran air dalam tambak mengakibatkan rendahnya kadar logam berat diperairan.

Menurut Fitriyah (2007), menyatakan air laut di sekitar pantai Lekok yang menjadi muara dari Sungai Rejoso mengandung logam berat cadmium sebesar 1,42 ppm dan timbal sebesar 1,43 ppm. Menurut Darmono (2001), secara alamiah logam berat biasanya ditemukan sangat sedikit dalam air, yaitu kurang dari 1 mg/l. Sedangkan menurut Sarjono (2009), tinggi rendahnya konsentrasi logam berat diperairan disebabkan oleh banyaknya jumlah logam berat ke dalam perairan dan semakin besar limbah masuk ke dalam suatu perairan, semakin besar konsentrasi logam berat di perairan.

#### 4.3 Kandungan Logam Berat dalam Sedimen

Hasil pengamatan kandungan logam berat Cd di dalam sedimen tambak maupun sungai yaitu sebesar 0,50 ppm dan hasil sedimen Cd diatas ambang

batas berdasarkan kisaran kadar maksimum logam berat dalam sedimen (KMNLH, 2004). Sedangkan hasil pengamatan terhadap kandungan logam Pb di dalam sedimen tambak 0.49 ppm masih dibawah ambang batas. Hasil analisis kandungan logam berat Cd dalam sedimen tambak dan sungai jelas dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Analisis Kandungan Logam Berat dalam Sedimen Cd dan Pb

Jenis sampel	Jenis Logam berat	Hasil	Baku mutu
Sedimen tambak	Pb (mg/l)	0,49 (mg/l)	0,003 (mg/l)*
Sedimen tambak	Cd (mg/l)	0,50 (mg/l)	0,001 (mg/l)*

Keterangan:

\* Berdasarkan Kep. Men. LH No.51 thn 2004 Baku Mutu Air Laut, Untuk Biota Laut.

Keberadaan logam berat di perairan tambak baik dalam badan air maupun dalam sedimen berpengaruh pada organisme yang hidup di lingkungan tersebut. Menurut Purnomo dan Muchyiddin (2007), logam berat dalam air dan sedimen mudah terserap dan tertimbun dalam fitoplankton atau tumbuhan air yang merupakan titik awal dari rantai makanan, selanjutnya dapat berpindah melalui rantai makanan ke organisme lainnya.

#### 4.4 Kerusakan Hati Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

Hati merupakan salah satu organ yang paling banyak mengalami kerusakan apabila terkena toksin. Zat toksin masuk ke dalam tubuh ikan dan akan mengalami proses detoksifikasi (dinetralisasi) di dalam hati. Ada dua alasan yang menyebabkan hati mudah terkena racun, pertama hati menerima 89% suplai darah dari vena porta yang mengalirkan darah dari sistem gastrointestinal. Substansi zat - zat toksik termasuk fungi, logam berat, mineral dan zat - zat kimia lainnya yang diserap hati. Kedua, hati menghasilkan enzim -

enzim yang mempunyai kemampuan sebagai biotransformasi pada berbagai macam zat eksogen dan endogen yang dieliminasi tubuh (Fitrian, 2013).

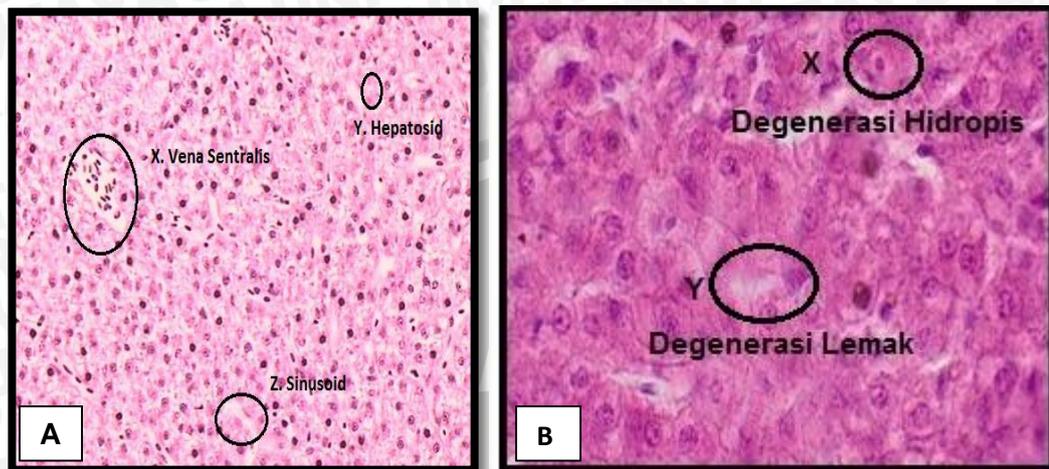
Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh hasil bahwa kerusakan yang terjadi pada hati ikan bandeng yang dibudidayakan pada tambak yang tercemar limbah industri adalah degenerasi lemak, degenerasi hidropis, kongesti dan nekrosis.

#### 4.4.1 Degenerasi Sel

Berdasarkan hasil pengamatan kerusakan degenerasi sel hati ikan bandeng yang dibudidayakan dalam lingkungan tercemar, dapat dikemukakan bahwa logam berat timbal dan cadmium terbukti mempunyai sifat toksik. Hal ini ditandai oleh adanya kerusakan struktur sel hati hasil pengamatan pada histopatologi hati ikan bandeng. Pada struktur jaringan hati normal (Gambar 3a) menunjukkan sinusoid tampak jelas dan vena sentralis berbentuk bulat dan kosong.

Pencemaran Pb dan Cd dari limbah industri terhadap hati ikan bandeng menyebabkan perubahan bentuk, dimana pada sel hati mengalami degenerasi sel (Gambar 3b). Pembengkakan sel atau degenerasi disebabkan peningkatan permeabilitas sel, dimana sel tidak mampu mempertahankan haemostatis ion sehingga terjadi perpindahan cairan ke dalam sel. Menurut Fitrian (2013), pembengkakan sel terjadi karena muatan ion luar dan di dalam sel berada dalam keadaan tidak seimbang. Ketidakstabilan sel dalam memompa ion  $\text{Na}^+$  keluar dari sel yang menyebabkan peningkatan masuknya cairan ke dalam sel, sehingga sel tidak dapat memompa ion natrium yang cukup. Hal ini menyebabkan sel membengkak sehingga sel keluar kemudian akan terjadi kematian sel (nekrosis). Gambaran histopatologi hati ikan normal yang ditunjukkan pada Gambar 3a,

kerusakan struktur hati berupa degenerasi sel berupa degenerasi hidropis dan degenerasi lemak dapat di tunjukkan pada Gambar 3b.

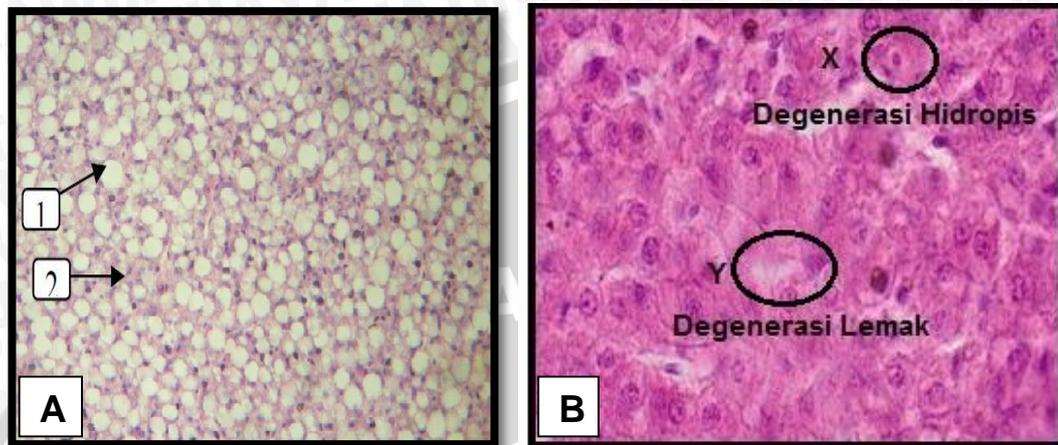


**Gambar 3.** (A) Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng Normal, (X) Vena Sentralis, (Y) Hepatosit, (Z) Sinusoid (Fitrian, 2013) dan (B) Potongan Melintang Hati Yang Mengalami Kerusakan Dengan Menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 Dengan Perbesaran 400X dan Pewarnaan H-E, (X) Degenerasi Hidropis (Y) Degenerasi Lemak (Hasil pengamatan).

Degenerasi hidropis merupakan kerusakan sel berupa pembengkakan sitoplasma yang berisi cairan akibat kerusakan membrane sel. Degenerasi hidropis terjadi sebagai respon sekunder akibat hipoksia, toksin, radikal bebas, virus, bakteri dan terjadi luka bermediasi imun (Mc Gavin *et al.*, 2007), pengamatan histopatologi pada sel yang mengalami degenerasi hidropis akan tampak seperti vakuola berisi cairan dan sitoplasma membengkak.

Degenerasi lemak terjadi sebagai respon lanjut dari degenerasi hidropis, dimana sel tidak mampu melakukan metabolisme lemak dengan baik sehingga terjadi akumulasi lemak pada sel. Hal ini sesuai dengan (Ningrum, 2006). Degenerasi lemak disebabkan kegagalan dalam pengikatan energi akibat terganggunya mitokondria yang akan menyebabkan sel kehilangan daya untuk mengeluarkan trigliserida akibat terjadinya akumulasi lemak. Terjadinya degenerasi lemak yang terus menerus merupakan langkah awal menuju kematian sel, keadaan ini ditandai dengan adanya kelainan-kelainan pada inti

sel. Menurut penelitian Triadayani *et al.*, (2010), menyebutkan bahwa ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*) yang terpapar logam timbal mengakibatkan hati mengalami degenerasi lemak (Gambar 4).



**Gambar 4.** (A) Potongan Melintang Hati Ikan Kerapu Bebek Yang Mengalami (1) Degenerasi Melemak (2) Degenerasi Hidropis (Triadayani *et al.* 2010) dan (B) Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng Yang Mengalami Kerusakan Dengan Menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 Dengan Perbesaran 400X dan Pewarnaan H-E, (X) Degenerasi Hidropis (Y) Degenerasi Lemak (Hasil Pengamatan).

Degenerasi lemak ditandai penampakan histologi berupa vakuola-vakuola. Didukung dengan penelitian Bangun (2005), yang menyebutkan bahwa ikan sokang (*Triacanthus niuehofi*) yang terpapar logam berat timbal dan cadmium di perairan Ancol, teluk Jakarta mengalami kerusakan degenerasi lemak. Berikut adalah data rata - rata nilai skoring degenerasi sel dari kerusakan hati ikan bandeng yang dapat dilihat dari Tabel 4.

**Tabel 4.** Data Rata-rata Nilai Skoring Kerusakan Hati (Degenerasi Sel)

Lama Pemeliharaan	Ulangan			Total	Rata-rata $\pm$ sd
	1	2	3		
1	2,667	1,667	2	6,333	3,167 $\pm$ 0,509
2	3,333	3	3,667	10	3,333 $\pm$ 0,333
3	3,667	3,333	4	11	3,667 $\pm$ 0,333

Berdasarkan tabel 4 dapat diketahui, semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri, maka semakin tinggi nilai kerusakan yang terjadi. Ikan yang dipelihara selama 1 bulan memiliki nilai kerusakan paling rendah dengan nilai rata-rata kerusakan sebesar 3,167, ikan yang dipelihara selama 2 bulan memiliki nilai kerusakan lebih tinggi dari ikan yang dipelihara selama 1 bulan dengan rata-rata 3,333 dan nilai kerusakan tertinggi pada ikan yang dipelihara selama 3 bulan dengan rata-rata 3,667.

Perbedaan lama pemeliharaan ikan bandeng pada tambak yang tercemar limbah industri memberikan pengaruh terhadap nilai skoring kerusakan hati ikan. Logam berat merupakan unsur pencemaran yang bersifat toksik dan harus diwaspadai. Bahan pencemar adalah bahan - bahan yang bersifat asing bagi alam atau bahan yang berasal dari alam yang memasuki suatu lingkungan atau ekosistem yang dapat mengakibatkan gangguan bagi ekosistem tersebut (Effendi, 2003). Menurut Bangun (2005), Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya yaitu sifat logam berat yang tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme yang hidup di lingkungan dan terakumulasi dalam tubuh. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan lama pemeliharaan terhadap nilai kerusakan hati ikan dengan menggunakan analisa keragaman pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Analisa Keragaman

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	4,024	2,012	12,538**	5,14	10,92
Acak	6	0,962	0,160			
Total	8	4,987	-			

Keterangan (\*\*) = Berbeda Sangat Nyata

Hasil analisa keragaman menunjukkan bahwa nilai F hitung 12,538 sangat berbeda nyata dari F table 5% yaitu 5,14 dan F table 1% yaitu 10,92. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan lama waktu pemeliharaan dapat memberikan pengaruh sangat nyata terhadap nilai skoring kerusakan. Sehingga harus dilanjutkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk mengetahui pengaruh tiap lama pemeliharaan seperti pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Uji Beda Nyata Terkecil

	Rerata Perlakuan	1	2	3	Notasi
		3,167	3,333	3,667	
1.	3,167	-	-	-	a
2.	3,333	0,167 <sup>ns</sup>	-	-	a
3.	3,667	0,5 <sup>ns</sup>	0,333 <sup>ns</sup>	-	a

Keterangan: (<sup>ns</sup>) = Tidak berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 6 hasil uji beda terkecil (BNT) antara pengaruh lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan di atas diketahui perlakuan 1 dengan perlakuan 2 dan perlakuan 3 memiliki nilai yang sama yaitu tidak berbeda nyata hal ini disebabkan oleh nilai dari perlakuan 1 sampai 3 memiliki nilai yang lebih kecil dari pada bnt 1% dan 5 % dalam perhitungan regresi yang dapat di lihat pada Lampiran 5. Sehingga tidak dilanjutkan ke perhitungan uji polynomial orthogonal.

Dari perhitungannya menunjukkan hati merupakan organ yang rentang terhadap kerusakan akibat pencemaran cadmium dan timbal dari limbah industri seperti pertanyaan Lu (1995), hati sangat rentang terhadap pengaruh zat kimia dan menjadi organ sasaran utama dari zat beracun. Hal ini karena racun dan zat toksik masuk ke dalam tubuh setelah diserap oleh sel dan akan dibawa ke dalam hati oleh vena porta hati, sehingga hati sangat berpotensi mengalami kerusakan. Kerusakan hati yang terjadi pada ikan bandeng. Menurut Cheville (1999),

pembengkakan sel atau degenerasi sel bersifat reversible, apabila paparan toksik tidak berlangsung lama dan terus-menerus maka sel dapat kembali normal, tetapi jika pengaruh zat toksik berlangsung terus - menerus maka sel tidak mampu mentolerir kerusakan yang diakibatkan oleh zat toksik tersebut

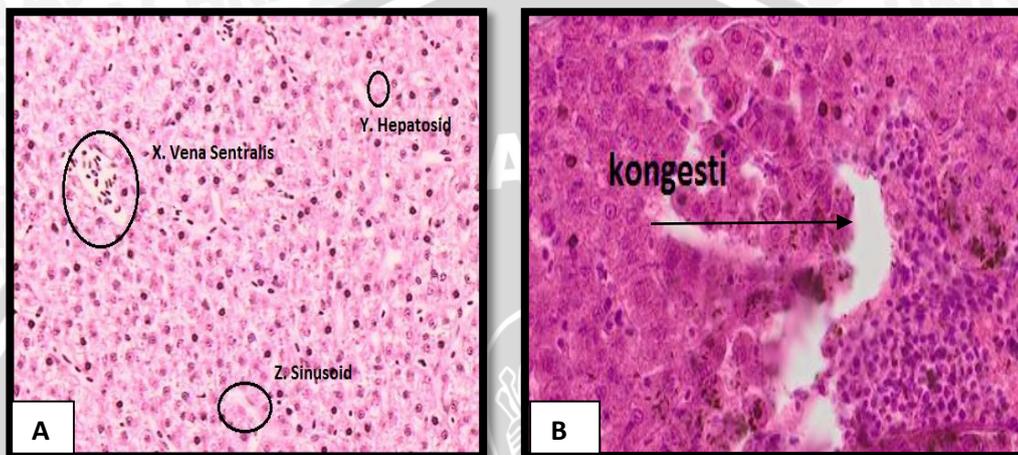
#### 4.4.2 Kongesti

Kerusakan lebih lanjut diperlihatkan oleh hati ikan bandeng yang terpapar Pb dan Cd tampak menunjukkan terjadinya kongesti atau peradangan jaringan. Kongesti adalah pembendungan darah yang disebabkan oleh gangguan sirkulasi yang diakibatkan jaringan kekurangan oksigen dan zat gizi. Gangguan sirkulasi ini disebabkan oleh pembengkakan sel yang menyebabkan sinusoid menyempit, pembengkakan sel terjadi akibat muatan elektrolit di luar dan didalam sel berada dalam keadaan tidak seimbang. Ketidak seimbangan sel dalam memompa ion  $K^+$  keluar dari sel menyebabkan peringkatan cairan masuk dari ekstraseluler ke dalam sel sehingga sel tidak mampu memompa ion natrium ke dalam sel, yang mengakibatkan sel tidak mampu memompa ion  $Na^+$  kedalam sel dan menyebabkan kerusakan pada membran sel (Kusumadewi, 2015).

Jika zat toksik yang masuk ke tubuh jumlah dalam jumlah kecil maka fungsi detoksifikasi hati akan baik dan tidak terjadi kerusakan, tapi bila jumlah toksik masuk dalam tubuh dengan jumlah besar maka fungsi detoksifikasi hati akan mengalami kerusakan (Lu, 1995). Peradangan atau kongesti ditandai oleh adanya bintik darah dalam pembuluh darah. Pencemaran Pb dan Cd dalam tambak ikan bandeng mengakibatkan terjadinya kerusakan kongesti.

Respon peradangan ini bertujuan untuk pemulihan jaringan serta menekan agen penyebab nekrosis. Hal ini dikarenakan sel-sel yang mengalami nekrosis tidak mampu di absorbs oleh sel fagosit sehingga dapat melarutkan unsur-unsur sel sehingga dapat mengeluarkan enzim litik (Fitrian, 2013). Respon peradangan

dengan cara regenerasi sel-sel hingga pembentukan jaringan ikat serta terjadi emigrasi leukosit ke daerah nekrosis (Setyowati *et al.*, 2012). Dapat dilihat perbedaan antara histologi hati ikan yang normal dan histologi hati ikan yang mengalami kerusakan kongesti yang ditunjukkan pada Gambar 6a. dan peradangan jaringan berupa kongesti dapat dilihat pada Gambar 6b.



**Gambar 6.** Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng Normal, (X) Vena Sentralis, (Y) Hepatosit, (Z) Sinusoid (Fitrian, 2013) dan (B) Potongan Melintang Hati Hasil Pengamatan Yang Mengalami Kerusakan Kongesti Dengan Menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 Dengan Perbesaran 400X dan Pewarnaan H-E.

Terjadinya kongesti didahului dengan adanya pembengkakan sel. Degenerasi vakuola atau pembengkakan sel merupakan indikasi terjadinya pelemakan hati, pada keadaan ini sel hati tampak membesar (Fitrian, 2013). Pembengkakan sel di sebabkan peningkatan permeabilitas sel, dimana sel tidak mampu mempertahankan haemostatis ion sehingga terjadi perpindahan cairan ke dalam sel. Pembengkakan sel terjadi karena muatan ion luar dan di dalam sel berada dalam keadaan tidak seimbang. Ketidakstabilan sel dalam memompa ion  $\text{Na}^+$  keluar dari sel yang menyebabkan peningkatan masuknya cairan kedalam sel, sehingga sel tidak dapat memompa ion natrium yang cukup. Hal ini menyebabkan sel membengkak sehingga sel keluar kemudian akan terjadi kematian sel (nekrosis). Menurut Setyowati *et al.*, (2012), menyebutkan bahwa hati ikan belanak (*Mugil cephalus*) yang tercemar logam berat cd di muara

sungai alo Sidoarjo mengalami kerusakan kongesti. Dan didukung oleh penelitian Fitriani (2013), hati ikan mas (*Cyprinus carpio* L) yang tercemar logam berat dalam waduk Cirata Jawa Barat mengalami kongesti sebagai respon peradangan. Kongesti merupakan salah satu indeks kerusakan hati ikan. berikut ini adalah rata-rata nilai skoring kongesti dari kerusakan hati yang dapat dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Data Rata-rata Nilai Skoring Kerusakan Hati (Kongesti)

Lama Pemeliharaan	Ulangan			Total	Rata-rata $\pm$ sd
	1	2	3		
1	2	2	2,667	6,667	2,222 $\pm$ 0,384
2	2,333	3	2,333	7,667	2,556 $\pm$ 0,384
3	2,667	4	3	9,667	3,222 $\pm$ 0,693

Berdasarkan Tabel 7 diketahui semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri, maka semakin tinggi nilai kerusakan yang terjadi. Pada perlakuan 1 dengan pemeliharaan 1 bulan memiliki nilai kerusakan terendah yakni 2,222, perlakuan 2 dengan pemeliharaan selama 2 bulan kerusakan meningkat menjadi 2,556 dan kerusakan tertinggi terjadi pada perlakuan 3 dengan lama pemeliharaan 3 bulan yakni 3,222.

Perbedaan lama pemeliharaan dengan nilai kerusakan memberikan pengaruh terhadap nilai kerusakan skoring hati ikan bandeng. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan dilakukan analisa keragaman pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Analisa Keragaman

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	Uji F		
				F <sub>hitung</sub>	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	1,556	0,778	3 <sup>ns</sup>	5,14	10,92
Acak	6	1,556	0,259			
Total	8	4,667	-			

Keterangan (ns) = Tidak berbeda nyata

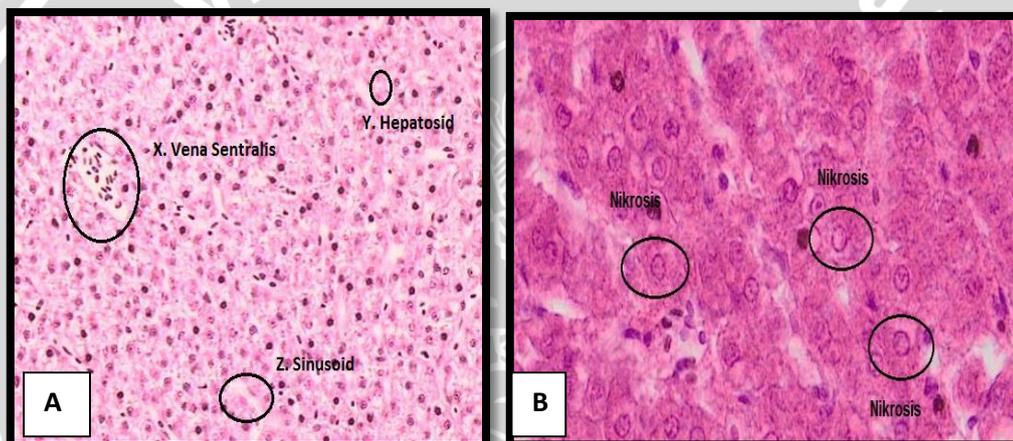
Pada Tabel 8 diatas menunjukkan bahwa perbedaan lama pemeliharaan tidak berpengaruh terhadap nilai skoring kerusakan kongesti sehingga tidak dilanjutkan ke uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Hal ini menunjukkan bahwa kerusakan tergolong ringan atau tidak berpengaruh besar pada ikan yang dipelihara dengan lama waktu yang berbeda. Tetapi membuktikan bahwa pencemaran Pb dan Cd dalam tambak ikan bandeng dapat merubah struktur ikan bandeng dilihat dari kerusakan kongesti. Berdasarkan penelitian Damar (2004) yang menyebutkan bahwa hati ikan yang tercemar logam berat timbal (Pb), cadmium (Cd), Krom (Cr), merkuri (Hg) mengalami kerusakan berupa pembendungan, hemoragi dan degenerasi sel. Hal ini juga di dukung oleh penelitian Pantung *et al.* (2008), menyebutkan paparan Cd menyebabkan kongesti dan pembengkakan hepatosit.

#### 4.4.3 Nekrosis

Berdasarkan hasil pengamatan struktur histologi hati ikan bandeng yang tercemar Pb dan Cd terlihat kerusakan nekrosis, kerusakan struktur hati meningkat dari tingkat yang ringan ke tingkat yang berat sesuai dengan meningkatnya konsentrasi Pb dan Cd dalam jaringan. Kerusakan nekrosis pada hati ikan merupakan kematian jaringan dalam tubuh individu yang masih hidup. Kerusakan jaringan ini perlu diamati karena rusaknya terjadi pada saat hewan dalam keadaan hidup, sehingga menjadi acuan pemeriksaan dalam

menentukan penyebab kematian hewan tersebut. Nekrosis ditandai dengan adanya piknosis, karyohexsis dan karyolisis. Piknosis ditandai dengan pengerutan inti sel, karyohexsis ditandai dengan inti hancur dan pecahan-pecahan kromatiknya tersebar dalam sel dan karyolisis dicirikan dengan inti sel kehilangan kemampuan untuk diwarnai atau terlihat samar - samar berongga dan seperti menghilang (Fitrian,2013).

Nekrosis terjadi bersama dengan pecahnya membran plasma. Gambaran histopatologi hati ikan normal dan kerusakan struktur hati ikan bandeng nekrosis yang ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** (A) Potongan Melintang hati Ikan Bandeng Normal, (X) Vena Sentralis, (Y) Hepatosit, (Z) Sinusoid (Fitrian, 2013) dan (B) Potongan Melintang Hati Hasil Pengamatan Yang Mengalami Kerusakan Nekrosis Dengan Menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 Dengan Perbesaran 400X dan Pewarnaan H-E.

Dapat dilihat pada gambar diatas lama paparan logam berat timbal dan cadmium pada ikan bandeng yang dipelihara dalam tambak mengakibatkan perubahan histopatologi yaitu adanya kerusakan nekrosis. nekrosis adalah terjadinya kematian sel yang terjadi bersama dengan pecahnya membran plasma.

Adanya nekrosis akan menyebabkan peradangan pada jaringan. Perubahan histopatologi diatas terjadi akibat adanya zat beracun yang masuk kedalam tubuh ikan dari lingkungan. Ikan yang dipelihara pada tambak yang

tercemar di desa Rejoso mengalami kerusakan tingkat ringan sampai berat dilihat dari lama pemeliharaan ikan. Semakin lama ikan dipelihara dalam lingkungan tercemar maka tingkat kerusakan akan semakin besar, seperti pernyataan Darmono (2005), bahwa kerusakan hati dibagi menjadi tiga yaitu ringan ditandai dengan perlemakan dan pembengkakan sel, sedang ditandai dengan kongesti dan berat ditandai adanya nekrosis atau kematian sel. Mutiara (2013), menyebutkan akumulasi Timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada hati ikan patin (*Pangasius sp.*) di waduk Saguling mengalami kerusakan kongesti, hemoragi dan pada akhirnya terjadi kematian sel (nekrosis). Berikut adalah data rata - rata nilai skoring nekrosis dari kerusakan insang yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Data Rata-rata Nilai Skoring Kerusakan Hati (Nekrosis)

Lama Pemeliharaan	Ulangan			Total	Rata-rata $\pm$ sd
	1	2	3		
1	1,667	1,667	2,333	5,667	1,889 $\pm$ 0,384
2	3	2,667	2,333	8	2.667 $\pm$ 0,333
3	3	3	3,333	9,333	3.111 $\pm$ 0,192

Berdasarkan hasil pengamatan (Tabel 9) dapat diketahui, semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri, maka semakin tinggi nilai kerusakan yang terjadi. Pada ikan bandeng yang dipelihara selama 3 bulan nilai kerusakan yang paling tinggi terjadi pada perlakuan ke 3 yakni 3.111. Pada ikan bandeng dengan lama pemeliharaan 2 bulan yakni 2.667 dan ikan bandeng dengan lama pemeliharaan 1 bulan memiliki kerusakan terendah yakni 1,889.

Semakin lama waktu pemeliharaan ikan dalam tambak yang tercemar limbah industri maka semakin besar nilai kerusakan yang terjadi pada hati ikan

bandeng. Hal ini diduga karena semakin lama ikan dipelihara dalam media yang tercemar maka semakin besar logam berat yang terakumulasi dalam tubuh ikan.

Akumulasi logam berat pada ikan terjadi akibat kontak langsung antara media yang mengandung logam berat dengan ikan. Menurut Arsad *et al.*, (2012), logam berat yang diserap oleh tubuh ikan kebanyakan berbentuk ion, penyerapan terjadi melalui insang dan saluran pencernaan. Logam berat dapat tertimbun dalam jaringan terutama hati dan ginjal. Semakin lama waktu pemeliharaan ikan dalam lingkungan yang tercemar maka logam berat akan mengalami proses pengendapan sehingga terakumulasi dalam jumlah dan konsentrasi yang cukup besar pada tubuh ikan.

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan dapat diketahui dari analisa Keragaman pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Analisa Keragaman

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F <sub>hitung</sub>	F <sub>5%</sub>	F <sub>1%</sub>
Perlakuan	2	2,296	1,148	11,625*	5,14	10,92
Acak	6	0,592	0,098			
Total	8	2,889	-			

Keterangan: (\*) = Berbeda nyata

Tabel 10 diatas, dapat diketahui hasil analisa keragaman menunjukkan bahwa nilai F hitung sebesar 11,625 sangat berbeda nyata dari F table 5% yakni 5,14 dan F table 1% yakni 10,92. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan pemeliharaan ikan dapat memberikan pengaruh sangat nyata terhadap nilai skoring kerusakan. Sehingga harus dilanjutkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk mengetahui pengaruh lama pemeliharaan seperti pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Uji Beda Nyata Terkecil

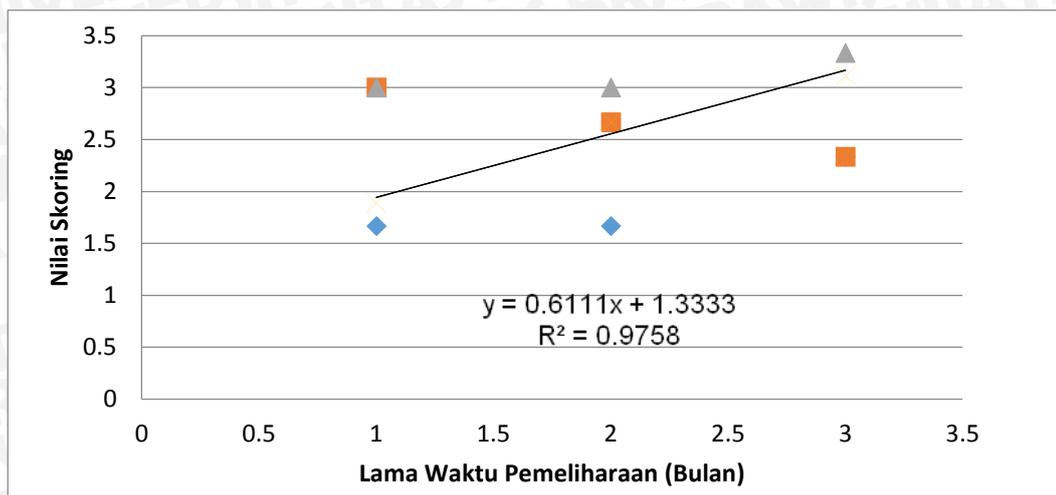
	Rerata Perlakuan	1	2	3	Notasi
		<b>1,889</b>	<b>2,667</b>	<b>3,111</b>	
1.	1,889	-	-	-	a
2.	2,667	0,889*	-	-	b
3.	3,111	1,667**	0,667*	-	c

Keterangan: (\*) =Berbeda nyata

(\*\*) =Berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 11, diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara lama waktu pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan hati ikan bandeng yakni perlakuan 1 pemeliharaan 1 bulan berbeda nyata dengan perlakuan kedua pemeliharaan 2 bulan. Dan perlakuan ketiga pemeliharaan 3 bulan dan kedua sangat berbeda nyata dengan perlakuan 1 dan 2. Menurut Lu (1995), hal ini disebabkan oleh toksisitas yang masuk ke dalam tubuh setelah diserap usus halus dibawa ke hati oleh vena porta hati. maka dapat dipahami bahwa hati adalah organ yang mudah terkena efek toksik senyawa asing terutama limbah industri.

Untuk melihat hubungan antara lama pemeliharaan dengan nilai skoring kerusakan maka dilakukan analisa regresi dan uji polynomial orthogonal yang dapat dilihat pada Gambar 8 yaitu grafik pola hubungan linier dengan persamaan garis  $y = 0,6111x + 1,3333$  dan  $R^2 = 0,9758$ .



**Gambar 8.** Grafik Hubungan Lama Pemeliharaan Dengan Nilai Skoring Kerusakan Hati (Nekrosis).

Pada grafik di atas, semakin lama ikan dipelihara dalam lingkungan tercemar limbah industri maka semakin besar nilai kerusakan yang terjadi. Hal ini sesuai dengan pendapat Prabowo (2005), yang menyatakan bahwa di dalam air tawar maupun air laut. Logam berat selalu ada yang dapat membahayakan kehidupan organisme air yang hidup di dalamnya. Logam berat dalam perairan dapat terserap dalam tubuh dan jaringan dan tertimbun dalam jaringan organisme tersebut. Penimbunan logam berat dalam jaringan organisme air berjalan sedikit demi sedikit dan tidak menimbulkan ciri-ciri fisik khusus pada organisme. Dan jika ikan yang tercemar dimakan oleh manusia, logam berat akan masuk dalam tubuh orang yang bersangkutan dan mulai tertimbun dalam tubuh manusia.

#### 4.5 Parameter Penunjang

##### 4.5.1 Suhu

Suhu air merupakan faktor pembatas kehidupan bagi semua makhluk hidup. Ikan yang hidup pada suhu kurang dari 20°C akan cenderung pasif, metabolisme tubuh menurun dan pada kondisi lanjut dapat mengalami kematian karena terganggunya sistem metabolisme dari tubuh. Jika suhu terlalu tinggi lebih dari

33°C mengakibatkan pernapasan dan metabolisme ikan semakin cepat dan bila kondisi ini berlanjut akan menyebabkan kematian pada ikan. kisaran suhu normal untuk budidaya ikan yaitu 24°C - 28°C (Kuncoro, 2008).

Hasil pengukuran suhu pada tambak ikan bandeng di Desa Patuguran menunjukkan suhu dalam tambak sebesar 29,8°C. Hal ini sesuai dengan pendapat Kordi (2008), menyatakan kisaran suhu yang cocok untuk budidaya ikan bandeng berkisar antara 23°C - 32°C. di daerah tropis seperti Indonesia perubahan suhu akan semakin kecil, berkisar antara 27°C - 32°C.

#### 4.5.2 Kadar Keasaman (pH)

Nilai keasaman (pH) merupakan indikasi atau tanda bahwa air bersifat asam, basa (alkali), atau netral. Keasaman sangat menentukan kualitas air karena sangat mempengaruhi proses kimiawi dalam air. Hubungan keasaman air dengan kehidupan ikan sangat besar. Titik kematian ikan pada pH asam adalah 4 dan pada pH basa adalah 11. Nilai pH optimum pada air tawar berkisar antara 6,5 - 7,5 dan untuk air laut berkisar 8,1 - 8,5 (Lesmana, 2001).

Hasil pengukuran pH pada tambak ikan bandeng menunjukkan bawah pH dalam air sebesar 7,59. Nilai pH tersebut menunjukkan dimana kondisi masih dalam batas kelayakan untuk kehidupan ikan bandeng, hal ini sesuai dengan pendapat Kordi (2008), kisaran pH optimum untuk budidaya ikan bandeng yakni 7 - 9. Karena pada pH tersebut ikan bandeng akan tumbuh secara optimal.

#### 4.5.3 Oksigen Terlarut (Disolved Okxygen)

Kebutuhan oksigen oleh ikan berasal dari air. Oksigen digunakan ikan untuk pernafasan, yaitu pertukaran gas yang dilakukan didalam insang. Oksigen yang diserap akan digunakan untuk aktivitas tubuh seperti bergerak, bertumbuh dan berkembang biak sehingga tidak boleh kekurangan agar aktivitas ikan akan terus

belangsung. Perairan umumnya mempunyai kandungan oksigen optimum 5 - 6 ppm (Yuliantati, 2011).

Hasil pengamatan di lapangan tentang pengukuran kualitas air di tambak ikan bandeng Desa Patuguran, Kecamatan Rejoso, Kabupaten Pasuruan didapatkan hasil 11,4 ppm. Nilai DO yang didapat dari pengamatan lapang menunjukkan DO lebih tinggi dari nilai optimum DO hal ini diduga karena pengambilan DO dilakukan pada pagi menjelang siang pada saat terjadinya fotosintesis dalam tambak sehingga menyebabkan nilai DO lebih tinggi faktor lain yang menyebabkan DO lebih tinggi dari nilai optimum diduga terjadi difusi udara dalam botol sampel dan oksigen di luar hal ini disebabkan karena DO diukur di laboratorium kualitas air UPTPBAP Bangil. karena Menurut Kordi (2008), menyatakan kisaran DO optimum untuk budidaya ikan bandeng adalah 4 - 7 ppm.

Menurut (Effendi, 2003), kadar oksigen terlarut pada perairan berfluktuasi tergantung pada aktivitas fotosintesis, respirasi dan limbah yang masuk ke dalam badan air. Sumber oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer dan aktifitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton.

#### **4.5.4 Salinitas**

Salinitas merupakan kadar garam yang dimiliki suatu perairan. Salinitas dinyatakan dalam satuan 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 yang berasal dari sungai (Effendi, 2003).

Hasil pengamatan di lapangan tentang pengukuran kualitas air di tambak ikan bandeng Desa Patuguran, Kecamatan Rejoso, Kabupaten Pasuruan didapatkan hasil 16 ppt. Nilai salinitas menunjukkan kondisi masih dalam batas kelayakan untuk budidaya ikan bandeng, sesuai dengan pernyataan Mansyur dan

Tonek (2003), bahwa ikan bandeng bersifat euryhaline yaitu ikan yang memiliki toleransi salinitas atau kadar garam yang luas 10 - 32 ppt.

#### 4.5.5 Amonia ( $\text{NH}_3$ )

Amoniak merupakan produk penguraian protein yang masuk kedalam air melalui limbah domestik. Konsentrasinya dalam air akan semakin berkurang apabila terjadi perombakan dari aktivitas mikroorganisme dalam air (Barus, 2002).

Hasil pengukuran amoniak pada tambak ikan bandeng menunjukkan bawah amoniak dalam air sebesar 0,60 ppm. Nilai amoniak tersebut menunjukkan kondisi tersebut melebihi batas untuk budidaya ikan bandeng, seperti menurut Rudiantin *et al.* (2014), kandungan amonia di tambak bandeng sebaiknya tidak lebih dari 0,1 - 0,3 ppm karena akan bersifat toksik bagi ikan.



## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai tersebut:

- Hati ikan bandeng yang dibudidaya pada tambak yang tercemar limbah industri mengalami kerusakan berupa nekrosis, degenerasi atau pembengkakan sel dan kongesti. Berdasarkan rata - rata hasil skoring pada kerusakan degenerasi sel 3 bulan yakni 3,667 dan terendah pada pemeliharaan 1 bulanyakni 3,167. kerusakan kongesti tertinggi terjadi pada pemeliharaan 3 bulan yakni 3,222 dan terendah pada pemeliharaan 1 bulan 2,222. Kerusakan nekrosis tertinggi terjadi pada pemeliharaan 3 bulan yakni 3,111 dan terendah pada pemeliharaan 1 bulan 1,889. Parameter penunjang penelitian terdiri dari suhu sebesar 29,8°C, pH sebesar 7,59, salinitas 16 ppt, DO sebesar 11,4 ppm dan amoniak 0,60 ppm.

### 5.2 Saran

Saran pada penelitian ini adalah perlu dilakukan pengendalian pencemaran, salah satunya dengan menanam mangrove disekitar tambak untuk mengurangi dampak pencemaran dan serta perlu dilakukan penelitian lanjut untuk penyembuhan kerusakan hati pada ikan yang dibudidaya pada tambak yang tercemar limbah industri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustiningsih, D. 2012. Kajian Kualitas Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air Sungai. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang
- 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
- Aqil, D. I. 2010. Pemanfaatan Plankton Sebagai Sumber Makanan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Di Waduk Ir. H. Juanda, Jawa Barat. Skripsi. Fakultas Sains Dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Arsad, M., I. Said dan Suherman. 2012. Akumulasi Logam Timbal (Pb) Dalam Ikan Belanak (*Liza melinoptera*) yang Hidup Di Perairan Muara Poboya. *Jurnal Akad Kim*. 1 (4): 187-192.
- Bagun, J. M. 2005. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Dalam Air, Sedimen Dan Organ Tubuh Ikan Sokang (*Tricanthus nieuhofi*) Di Perairan Ancol, Teluk Jakarta. Skripsi. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Barlianto, D. 2008. Aplikasi Imunostimulan Khamir Laut Pada Ikan Patin (*Pangasius* sp.) Yang Diinfeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila* Dengan Pengamatan Histopatologi. Tesis Program Pasca Sarjana. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Barus, T. A. 2002. Pengantar Limnologi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Cholik, F, Ateng G. J, R. P. Poernomo dan F. Ahmad. 2005. Masyarakat Perikanan Nusantara (MPN) dengan Taman Akuarium Air Tawar-Taman Mini Indonesia Indah. *Akuakultur*. 264 – 275 hlm
- Cheville, I. 2003. Introduction to Veterinary Pathology. Ed ke-2. Iowa. State University Press.
- Darmono. 2001. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Jakarta: UI Press.
- \_\_\_\_\_. 2005. Beberapa Senyawa Logam Berat dan Hubungannya Dengan Keracunan Pada Ternak. *Balai Penelitian Penyakit Hewan, Bogor*.
- Dewi, N. K. 2004. Penurunan Derajat Toksisitas Kadmium Pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forskal) Menggunakan Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes* (Mart.) Solms) dan Fenomena Transportnya. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Diliyana, Y. Fika. 2008. Studi Kandungan Merkuri (Hg) Pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Di Tambak Sekitar Perairan Rejoso Pasuruan. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Malik Ibrahim. Malang.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelola Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius: Yogyakarta.
- FAO. 2012. The State Of World Fisheries And Aquaculture. Food and Agriculture Organization Of The United Nations: Rome.
- Fidyandini, H. P., S. Subekti dan Kismiyati. 2012. Identifikasi dan Prevalensi Ektoparasit Pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Yang Dipelihara Di Karamba Jaring Apung UPBL Situbondo Dan Di Tambak Desa Bangunrejo

Kecamatan Jabon Sidoarjo. *Journal of Marine and Coastal Science*. 1 (2) : 91-112.

Fitriyah, R. K. 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. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Malik Ibrahim. Malang.

Fitrian, T. 2013. Studi Histopatologi Hati Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L) Di Waduk Citarata Jawa Barat. Skripsi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran. Jatinangor.

Fransisca, A. 2011. Tingkat Pencemaran Perairan Diinjau Dari Pemanfaatan Ruang Di Wilayah Pesisir Kota Cilegon. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 2 (2) : 145-160.

Fujaya, Y. 2008. Fisiologi Ikan Dasar Pengembangan Teknik Perikanan. Rineka Cipta. Jakarta.

Hamidah. 1986. Pengaruh Logam Berat terhadap Lingkungan. Pusat Penelitian Ekologi, Lembaga Oseanologi Nasional-LIPI, Jakarta.

Handajani, H dan S. D. Hastuti. 2002. Budidaya Perairan. UMM Press. Malang.

Hartoto. 2009. Penelitian Deskriptif. <http://www.penalaran-unm.org/index.php/artikel-nalar/penelitian/163-penelitian-deskriptif.pdf>. diakses pada 9 maret 2015.

Herlambang, A. 2006. Pencemaran Air dan Strategi Penaggulangannya. *JAI*. 2 (1) : 16-29

Hutabarat, S dan S. M. Evans. 2008. Pengantar Oseanografi. Universitas Indonesia. Jakarta.

Jubaedah, I. 2006. Pengelolaan Waduk Bagi Kelestarian dan Keanekaragaman Hayati Ikan. *Jurnal Penyuluhan Pertanian*. 1 (1) : 42-47.

Kakkilaya, B. S. 2003. Peripheral Smear Examination For Malaria Parasites. *CE Update Microbiology Molecular Diagnostics*. 34 (8) : 602-608.

Kawania, N. K., Kusnoto dan M. A. Alamsjah. 2012. Kombinasi Cacing Sutera (*Tubifex* sp.) Kering Dan Tepung *Chlorella* sp. Sebagai Pakan Tambahan Pada Pertumbuhan Dan Retensi Protein Benih Ikan Bandeng (*Chanos chanos*). *Journal of Marine and Coastal Science*. 1 (1) : 45-52.

KMNLH. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun. 2004 Tentang Baku Mutu air Laut 1489-1498.

Kordi, M.G.H. 2008. Budi Daya Perairan Buku Kesatu. PT Citra Aditya Bakti. Bandung.

----- . 2011. Marine: Prinsip dan Praktik Budi Daya Laut. Lily Publisher: Yogyakarta.

- Kuncoro, N. G. 2014. Uji Aktivitas Ekstrak Etanol 70% Daun Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis) Terhadap Penurunan Kadar Asam Urat Dalam Darah Tikus Putih Jantan Yang Diinduksi Dengan Kafeina. Skripsi. UIN. Jakarta. 58 hlm
- Kusumadewi, M. R. 2015. Tingkat Biokonsentrasi Logam Berat dan Gambaran Histopatologi Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus* L) Yang Hidup Di Perairan Tukad Badung Kota Dempasar. Tesis. Universitas Udayana. Denpasar.
- Laili, C. 2011. Teknik Pengolahan Data Deskriptif. <http://cahayalaili.blogspot.com/2011/05/teknik-pengolahan-data-deskriptif.html>. Diakses pada 4 Mei 2014.
- Lesmana, D. S. 2001. Kualitas Air Untuk Ikan Hias Air Tawar. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Lesson, C. R. 1995. Buku Ajar Histopatologi. Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Lu, F.C. 1995. Toksikologi Dasar : Asas, Organ, Sasaran, dan Penilaian Resiko. Edisi 2. Terjemahan: Edi Nugroho. UI press. Jakarta.
- Marina, M. P. Camargo and Claudia B. R. Martinez. 2007. Histopatology of Gills, Kidney and Liver of a Neotropical Fish Caged In An Urban Stream. Laboratory of Animal Ecophysiology, Departemen of Physiological Sciences state University of Iodndrina (UEL). *Neotropical Ichthyology*, 5 (3) : 327-336.
- Mansyur, A dan S. Tonek. 2003. Prospek Budi Daya Bandeng Dalam Karamba Jaring Apung Laut Dan Muara Sungai. *Jurnal Litbang Pertanian*. 22 (3): 79-85.
- Mc Gavin, M. Donald and Zachary, F. James. 2007. *Pathologic Basic of Veterinary Disease*. Mosby. China.
- Mutiara, A. A., I. Rustikawati dan T. Herawati. 2013. Akumulasi Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Serta Kerusakan Pada Insang, Hati Dan daging Ikan Patin (*Pangasius* sp. ) Di Waduk Saguling. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 4 (4): 1-10.
- Muntalim dan F. Mas'ud. 2014. Pengembangan Budidaya dan Teknologi Pengelolaan Ikan Bandeng (*Chanos – chanos* Forsskal) Di Kabupaten Lamongan Guna Meningkatkan Nilai Tambah. *Jurnal Eksakta*. 2 (1) : 54-66.
- Mulyana, G. 2008. Pengaruh Kepadatan Manvis (*Pterophyllum scalare*) Berbeda Terhadap Jumlah Amonia dan Kelimpahan Bakteri Pada BIOBALL Dalam Sistem Resirkulasi. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Mustafa, A., E. Ratnawati dan I. Sapo. 2010. Penentuan Faktor Pengelolaan Tambak Yang Mempengaruhi Produktivitas Tambak Kabupaten Mamuju, Provinsi Sulawesi Barat. *Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan*. 2 (2) : 199-207.
- Ningrum, P. Y. 2006. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Serta Struktur Mikroanatomi *Branchia*, *Hepar*, dan *Musculus* Ikan Belanak (Mugil Cephalus) Di Perairan Cilacap. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

- Nofyan, E., E. Sagala dan V. Saryani. 2011. Pengaruh Minyak Mentah Terhadap Mortalitas dan Morfologi Insang Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forsskal). *Maspari Journal*. 02 : 19-25.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.
- Pantung, N., Helander, K.G and Cheevaporn. V. 2008. "Histopathological Alterations of Hybrid Walking Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) in Acute and Subacute Cadmium Exposure". *Environment Asia*. 1 : 22-27.
- Pikturalistiik, P. P. 2013. Toksisitas Effluent Di Balai IPAL PUP-ESDM D.I.Y Terhadap Struktur Mikroanatomi Hepar Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) Ditinjau Dari Kadar Pb Dan Cr. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Prabowo, R. 2005. Akumulasi Kadmium Pada Daging Ikan Bandeng. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 1 (2) : 58-74.
- Purnomo, T dan Muchyiddin. 2007. Analisis Kandungan Timbal (Pb) Pada Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forsk.) di Tambak Kecamatan Gresik. *Neptunus*. 14 (1) : 68-77.
- Romadon, A dan E. Subekti. 2011. Teknik Budidaya Ikan Bandeng Di Kabupaten Demak. *Mediagro*. 7 (2) : 19-24.
- Rudianti, S., H. N. Halimah dan Haerudin. 2014. Analisa Beban Pencemaran Kegiatan Budidaya Tambak Bandeng Di Sungai Pasar Banggi Kabupaten Rembang. *Jurnal Universitas Diponegoro, Semarang*.
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*. 30 (3) : 21-26.
- Samsundari, S dan I. Y. Perwira. 2011. Kajian Dampak Pencemaran Logam Berat Di Daerah Sekitar Luapan Lumpur Sidoarjo Terhadap Kualitas Air dan Budidaya Perikanan. *Gamma Article*. 6 (2) : 129-136.
- Sarjono, A. 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb dan Hg Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Kamal Muara Jakarta Utara. Skripsi. Manajemen Sumberdaya Perairan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setyowati, A., D. H., Awik dan N. Abdulgani. 2012. Studi Histopatologi Hati Ikan Belanak (*Mugil cephalus*) Di Muara Sungai Aloo Sidoarjo. *Jurnal Ristek Akuakultur*. 2 (1) : 22-29.
- Siswandari, W. 2005. Nilai Diagnostik Pemeriksaan Imunositokimia Limfosit Sediaan Apus Darah Tepi Dibandingkan Analisis Kromosom Pada Penderita Dengan Dugaan Sindroma Fragile X. Tesis. Program Pasca sarjana. Program Pendidikan Dokter Spesialis Patologi Klinik. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Subandiyono dan Hastuti, S. 2010. Buku Ajar Nutrisi Ikan Lembaga Pengembangan dan Penjamin Mutu Pendidikan. Universitas Diponegoro. Semarang.

- Sudradjat, A. 2008. Budidaya 23 Komoditas Laut Menguntungkan. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Triadayani, A. E., R. Aryawati dan G. Diansyah. 2010. Pengaruh Logam Timbal (Pb) Terhadap Jaringan Hati Ikan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*). *Maspari Journal*. 01 : 42-47.
- Trisnawaty, F. N., Emiyarti dan L. O. A. Afu. 2013. Hubungan Kadar Logam Berat Merkuri (Hg) Pada Sedimen Dengan Struktur Komunitas Makrozoobenthos Di Perairan Sungai Tahi Ite Kecamatan Rarowatu Kabupaten Bombana. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. 3 (12) : 68-80.
- Tugiyono, N. Nurcahyani., R. Supriyanto dan M. Kurniati. 2009. Biomonitoring Pengolahan Air Limbah Pabrik Gula PT Guning Madu Plantation Lampung Dengan Analisis Biomarket: Indeks Fisiologi Dan Perubahan Histologi Hati Ikan Nila. *J.Sains MIPA*. 15 (1) : 42-50.
- Widiyanti, A. C., Sunarto dan N. S. Handajani. 2005. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) serta Struktur Mikroanatomi *Ctenidia* dan Kelenjar Pencernakan (Hepar) *anodonta woodiana* Lea., di Sungai Serang Hilir Waduk Kedung Ombo. *Biosmart*. 7 (2) : 136-142.
- Widodo, A. 2006. Studi Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Organisme Kerang Putih (*Corbula faba*) dan Kerang Bulu (*Anadara antiquate*) Sebagai Biomonitoring Pencemaran Lingkungan Di Muara Sungai Rejoso Kabupaten Pasuruan. Skripsi. Manajemen Sumberdaya Perairan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Yuliartati, Eka. 2011. Tingkat Serangan Ektoparasit Pada Ikan Patin (*Pangasius djambal*) Pada Beberapa Pembudidaya Ikan Di Kota Makassar. Skripsi. UNHAS. Makassar.
- Zipcodezoo. 2011. Klasifikasi Ikan Bandeng. [http://zipcodezoo.com/Animals/C/Chanos\\_chanos/](http://zipcodezoo.com/Animals/C/Chanos_chanos/). Diakses Tanggal 28 Februari 2015.
- Zulnaidi. Metode Penelitian. Universitas Sumatera Utara. Medan.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat yang Digunakan



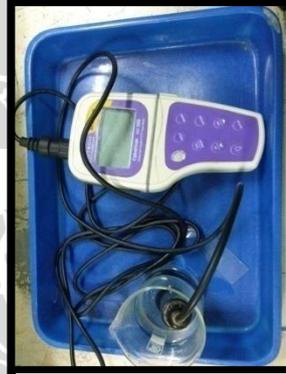
Sectioset



Botol Sampel



pH Meter



DO Meter



Refraktometer



Styrofoam

on

Lampiran 2. Foto Bahan Penelitian



(Ikan Bandeng)



(Sampel air tambak)



(Larutan Davidson)



(Karet Gelang)



(Hati Ikan Bandeng)

Lampiran 3 . Tahap Pembuatan Preparat Histopatologi



(Sampel ikan bandeng)



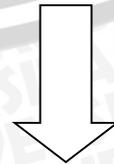
(Gambar Hati Ikan Bndeng)



(Larutan Davidson)



(Pengawetan Organ Hati)



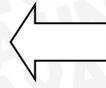
Lampiran 3. (Lanjutan)



(Tissue Prossesing)



(Lemari Asam)



(Microtome Rotari)



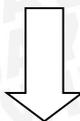
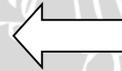
(Alat Embedding)



(Slide Drying Bench)



(Tissue Float Bath/Alat perentangan)



Lampiran 3. (Lanjutan)



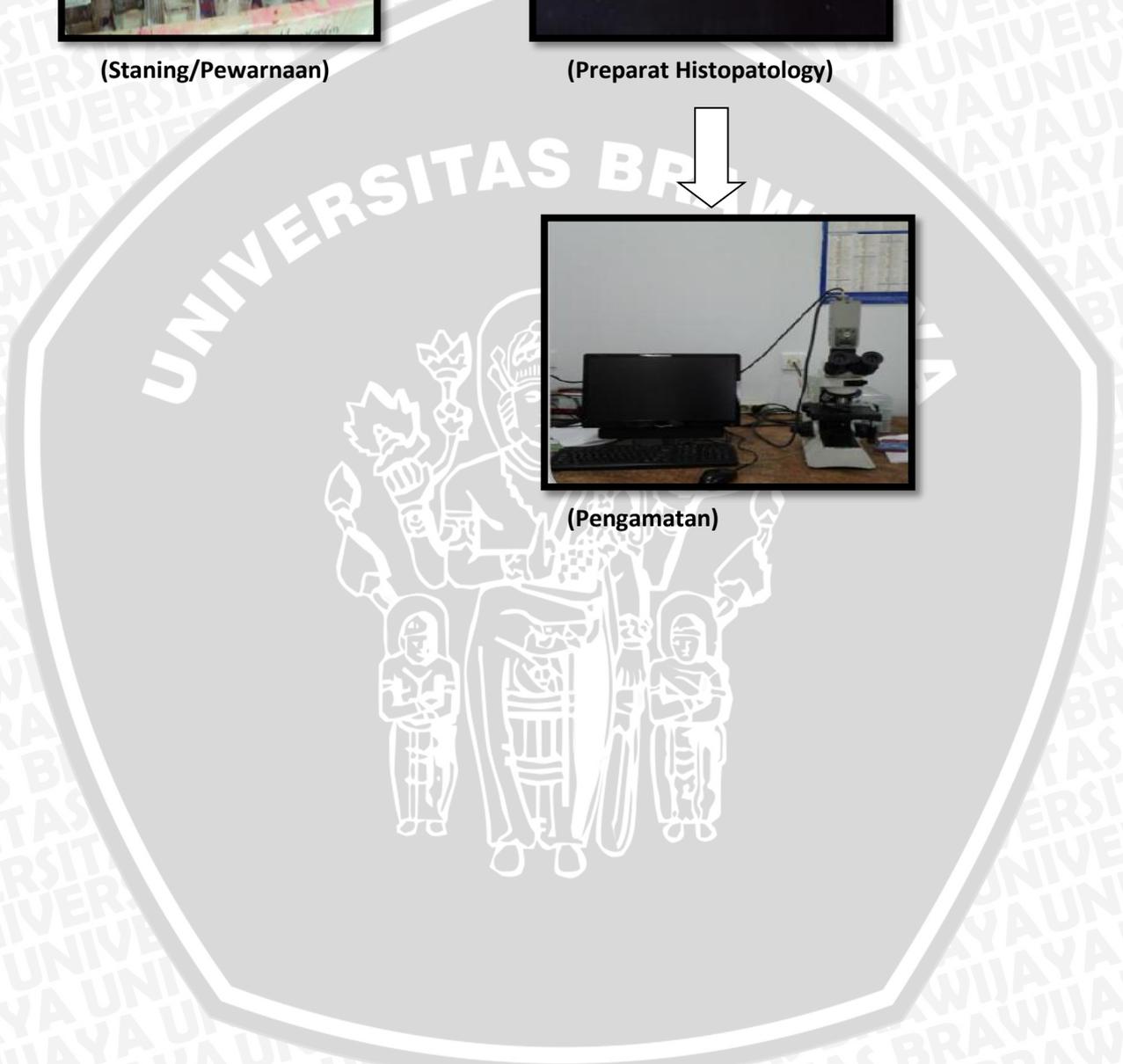
(Staining/Pewarnaan)



(Preparat Histopatologi)



(Pengamatan)



**Lampiran 5. Perhitungan Regresi**

**1. Degenerasi Sel**

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata ± sd	Σ Total <sup>2</sup>
	1	2	3			
A	2,667	1,667	2	6,333	3,1667 ± 0,509	40,111
B	3,333	3	3,667	10	3,333 ± 0,333	100
C	3,667	3,333	4	11	3,667 ± 0,333	121
Total				27,333		262,111

➤ **Faktor Koreksi**

$$FK = \frac{G^2}{n}$$

$$= \frac{27,333^2}{9}$$

$$= \frac{747,0928}{9}$$

$$= 83,012$$

➤ **Jumlah Kuadrat**

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + B1^2 + \dots + C3^2) - FK$$

$$= (2,667^2 + 1,667^2 + 2^2 + 3,333^2 + \dots + 4^2) - 83,012$$

$$= 88 - 83,01235$$

$$= 4,987$$

$$JK_{perlakuan} = \frac{\sum A^2 + \sum B^2 + \sum C^2}{3} - FK$$

$$= \left( \frac{40,1111^2 + 100^2 + 121^2}{3} \right) - 83,012$$

$$= \left( \frac{261,1111}{3} \right) - 83,012$$

$$= 87,037 - 83,012$$

$$= 4,024$$

$$JK_{acak} = P_{(total)} - Q_{(perlakuan)}$$

$$= 4,987654 - 4,024691$$

$$= 0,962$$



Analisa Keragaman

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	4,024	2,012	12,538**	5,14	10,92
Acak	6	0,962	0,160			
Total	8	4,987	-			

Keterangan (\*\*) = Berbeda sangat nyata

Dikarenakan nilai F hitung memiliki nilai yang lebih besar dari pada F 5% dan F 1% maka perhitungan dilanjutkan pada proses perhitungan beda nyata terkecil (BNT).

➤ Perhitungan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$\begin{aligned}
 SED &= \sqrt{\frac{2 \text{KT}_{\text{acak}}}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \times 0,160494}{3}} \\
 &= \sqrt{0,106996} \\
 &= 0,327
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BNT } 5\% &= t_{5\%} (\text{db}_{\text{acak}}) \times \text{SED} \\
 &= 2,446 \times 0,327 \\
 &= 0,80
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BNT } 1\% &= t_{1\%} (\text{db}_{\text{acak}}) \times \text{SED} \\
 &= 3,707 \times 0,327 \\
 &= 1,212
 \end{aligned}$$

Tabel BNT

	1	2	3	Notasi
--	---	---	---	--------



	<b>Rerata</b>	<b>3,1667</b>	<b>3,333</b>	<b>3,667</b>	
	<b>Perlakuan</b>				
<b>1</b>	3,1667	-	-	-	a
<b>2</b>	3,333	0,1667 <sup>ns</sup>	-	-	a
<b>3</b>	3,667	0,5 <sup>ns</sup>	0,333 <sup>ns</sup>	-	a

Keterangan : (ns) Tidak Berbeda nyata

Berdasarkan hasil perhitungan uji beda nyata terkecil (BNT), diketahui bahwa hasil yang diperoleh tidak berbeda nyata, dalam hal ini maka tidak dilakukan perhitungan lanjutan dengan menggunakan *Polynomial orthogonal*.

## 2. Kongesti

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata ± sd	Σ Total <sup>2</sup>
	1	2	3			
A	2	2	2,667	6,667	2,222 ± 0,384	44,444
B	2,333	3	2,333	7,667	2,556 ± 0,384	58,778
C	2,667	4	3	9,667	3,222 ± 0,693	93,444
Total				24		196,667

### ➤ Faktor Koreksi

$$\begin{aligned}
 FK &= \frac{G^2}{n} \\
 &= \frac{24^2}{9} \\
 &= \frac{576}{9} \\
 &= 64
 \end{aligned}$$

### ➤ Jumlah Kuadrat

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{total}} &= (A1^2 + A2^2 + A3^2 + B1^2 \dots + C3^2) - FK \\
 &= (2^2 + 2^2 + 2,667^2 + 2,333^2 \dots + 3^2) - 64 \\
 &= 67,111 - 64 \\
 &= 3,111
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{perlakuan}} &= \frac{\sum A^2 + \sum B^2 + \sum C^2}{3} - FK \\
 &= \left( \frac{44,444^2 + 58,778^2 + 93,778^2}{3} \right) - 64 \\
 &= \left( \frac{196,667}{3} \right) - 64 \\
 &= 65,556 - 64 \\
 &= 1,556
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK_{\text{acak}} &= P_{\text{(total)}} - Q_{\text{(perlakuan)}} \\
 &= 3,111 - 1,556 \\
 &= 1,556
 \end{aligned}$$

Analisa Keragaman

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	1,556	0,778	3 <sup>ns</sup>	5,14	10,92
Acak	6	1,556	0,259			
Total	8	4,667	-			

Keterangan (ns) = Tidak berbeda nyata

Dikarenakan nilai F hitung memiliki nilai yang lebih kecil dari pada F 5% dan F 1% maka perhitungan tidak dilanjutkan pada proses perhitungan beda nyata terkecil.

3. Nekrosis

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata ± sd	Σ Total <sup>2</sup>
	1	2	3			
A	1,667	1,667	2,333	5,667	1,889	32
B	3	2,667	2,333	8	2,667	64
C	3	3	3,333	9,333	3,111	87,111
Total				23		183,222



➤ Faktor Koreksi

$$FK = \frac{G^2}{n}$$

$$= \frac{23^2}{9}$$

$$= \frac{529}{9}$$

$$= 58,778$$

➤ Jumlah Kuadrat

$$JK_{\text{total}} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + B1^2 \dots + C3^2) - FK$$

$$= (1,667^2 + 1,667^2 + 2,333^2 + 3^2 \dots + 3,333^2) - 58,778$$

$$= 61,667 - 58,778$$

$$= 2,889$$

$$JK_{\text{perlakuan}} = \frac{\sum A^2 + \sum B^2 + \sum C^2}{3} - FK$$

$$= \left( \frac{5,667^2 + 8^2 + 9,333^2}{3} \right) - 58,778$$

$$= \left( \frac{183,111}{3} \right) - 58,778$$

$$= 61,037 - 58,778$$

$$= 2,296$$

$$JK_{\text{acak}} = P_{\text{(total)}} - Q_{\text{(perlakuan)}}$$

$$= 2,889 - 2,296$$

$$= 0,592$$

Analisa Keragaman

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	2,296	1,148	11,625	5,14	10,92
Acak	6	0,592	0,098			
Total	8	2,889	-			

Keterangan (\*\*) = Berbeda sangat nyata



Dikarenakan nilai F hitung memiliki nilai yang lebih besar dari pada F 5% dan F 1% maka perhitungan dilanjutkan pada proses perhitungan beda nyata terkecil (BNT).

➤ Perhitungan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

$$SED = \sqrt{\frac{2 \times KT_{acak}}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 0,098}{3}}$$

$$= \sqrt{0,065}$$

$$= 0,256$$

$$BNT\ 5\% = t_{5\%}(db_{acak}) \times SED$$

$$= 2,446 \times 0,256$$

$$= 0,627$$

$$BNT\ 1\% = t_{1\%}(db_{acak}) \times SED$$

$$= 3,70 \times 0,256$$

$$= 0,947$$

Tabel BNT

Rerata		1	2	3	Notasi
Perlakuan		1,889	2,667	3,111	
1	1,889	-	-	-	a
2	2,667	0,889 *	-	-	b
3	3,111	1,667**	0,667*	-	c

Keterangan: (\*) Berbeda nyata

(\*\*) Berbeda sangat nyata

Berdasarkan hasil perhitungan uji beda nyata terkecil (BNT), diketahui bahwa

hasil yang diperoleh berbeda nyata dan berbeda sangat nyata, dalam hal ini maka dilakukan perhitungan lanjutan dengan menggunakan *Polynomial orthogonal*.

- Perhitungan Polynomial orthogonal

Tabel Polynomial orthogonal

Perlakuan	Hasil (Ti)	Pembanding (Ci)			
		Linear	Kuadratik	Kubik	Kuartik
A	5,667	-1	1	-5,667	5,667
B	8	0	-2	-0	-16
C	9,333	1	1	9,333	9,333
$Q = \sum Ci \times Ti$		3,666	-1	3,666	-1
Hasil Kuadrat		2	6		
$Kr = (\sum Ci)^2 \times r$ ulangan		6	18		
$JK = \frac{Q^2}{Kr}$		2,240	0,056		

➤ JK regresi total = JK Linear + JK Kuadratik  
 = 2,240 + 0,056  
 = 2,296

Tabel sidik ragam regresi

Sidik ragam	Db	JK	KT	F hit	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	2,296	0	11,625	5,14	10,92
- Linear	1	2,240	2,240	22,687**		
- Kuadratik	1	0,056	0,056	0,562 <sup>ns</sup>		
Acak	6	0,592	0,098	-		
Total	8	2,889	0,361	-		

Keterangan : \*\* = Berbeda sangat nyata  
 ns = Tidak Berbeda nyata

• Perhitungan R<sup>2</sup>

$$R^2 \text{ Linear} = \frac{JK \text{ linear}}{JK \text{ linear} + JK \text{ acak}} = \frac{2,240}{2,240 + 0,592} = 0,79$$



$$R^2 \text{ Kuadratik} = \frac{\text{JK Kuadratik}}{\text{JK Kuadratik} + \text{JK acak}} = \frac{0,056}{0,056 + 0,592} = 0,085$$

Berdasarkan data perhitungan regresi yang telah dilakukan diperoleh hasil perhitungan data tertinggi pada data linear, yang berarti bentuk kurva respon yang paling tepat yaitu kurva linear. Nilai data linear yang diperoleh pada analisa regresi linear yaitu 22,687 yang memiliki nilai lebih besar dari F 5% dan F 1%. Pada perhitungan  $R^2$  linier didapat hasil 0,79. Untuk pembuatan kurva sendiri dilanjutkan dengan menggunakan program Ms. Excel 2007.

