

**KAJIAN HISTOPATOLOGI INSANG IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) YANG
DIBUDIDAYA DI TAMBAK YANG TERCEMAR (Cd dan Pb) DI DESA
KALANGANYAR, KECAMATAN SEDATI, KABUPATEN SIDOARJO
JAWA TIMUR**

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

Oleh :

**FEBY KESID HARYO WIBISONO
NIM. 115080500111058**



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

KAJIAN HISTOPATOLOGI INSANG IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) YANG
DIBUDIDAYA DI TAMBAK YANG TERCEMAR (Cd dan Pb) DI DESA
KALANGANYAR, KECAMATAN SEDATI, KABUPATEN SIDOARJO
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 :

FEBY KESID HARYO WIBISONO
NIM. 115080500111058



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2015

**KAJIAN HISTOPATOLOGI INSANG IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) YANG
DIBUDIDAYA DI TAMBAK YANG TERCEMAR (Cd dan Pb) DI DESA
KALANGANYAR, KECAMATAN SEDATI, KABUPATEN SIDOARJO
JAWA TIMUR**

Oleh :
FEBY KESID HARYO WIBISONO
NIM. 115080500111058

Telah dipertahankan didepanpenguji
Pada tanggal 10 November 2015
dan dinyatakan memenuhi syarat

DOSEN PENGUJI I

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

MENYETUJUI,

DOSEN PEMBIMBING I

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

DOSEN PEMBIMBING II

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

MENGETAHUI,
KETUA JURUSAN MSP

Dr. Ir. ArningWilujengEkawati, MS
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal :

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

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

Malang, 10 November 2015

Mahasiswa

Feby Kesid Haryo W.



RINGKASAN

FEBY KESID HARYO W. Kajian Histopatologi Insang Bandeng (*Chanos chanos*) yang Dibudidayakan di Tambak yang Tercemar (Cd dan Pb) di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Di bawah bimbingan **Prof.Ir. Marsoedi, Ph.D** dan **Dr. Ir. Maftuch, MSi.**

Ikan bandeng merupakan salah satu ikan yang menjadi komoditas unggulan. Budidaya ikan bandeng telah lama dikenal oleh pembudidaya dan saat ini telah berkembang di hampir seluruh wilayah perairan Indonesia. Budidaya ikan bandeng tidak hanya berkembang di air payau saja, namun saat ini juga sedang berkembang di air tawar maupun laut dengan sistem keramba jaring apung (KJA). Produksi ikan bandeng di Indonesia mengalami kenaikan dari tahun ke tahun yakni 23,60% pada tahun 2007; 25,32% pada tahun 2008; 28,6% pada tahun 2009. Data produksi ikan bandeng mengalami peningkatan tajam yaitu sebesar 47,19% pada tahun 2010 (Perceka, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar kandungan logam berat berupa Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada air dan ikan bandeng (*Chanos chanos*) di perairan Kalanganyar Sidoarjo serta untuk mengetahui seberapa besar pengaruh terhadap histopatologi insang ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang berada di perairan tersebut. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2015. Penelitian dan pengambilan sampel ikan bandeng (*Chanos chanos*) di Desa Kalanganyar Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo. Pembuatan preparat histopatologi dilakukan di 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 fisika kimia dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I Malang.

Penelitian ini adalah deskriptif diharapkan hasil penelitian dapat memberikan gambaran mengenai kondisi yang meliputi tekstur dan keadaan fisik insang ikan bandeng yang terpapar logam berat dengan perbandingan ikan bandeng yang normal. Agar organ dapat dengan mudah dilihat perbedaan antara yang normal maka penglihatan jaringan insang dilakukan dibawah mikroskop perbesaran 400x. Data yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan ANOVA satu arah, korelasi dan regresi, serta membandingkan histologi organ insang ikan bandeng (*Chanos chanos*) normal dengan histopatologi organ insang ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang dibudidayakan di tambak yang terletak di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur dengan metode skoring.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah nilai parameter utama yaitu kerusakan hiperplasi dengan hasil pada lama pemeliharaan selama 3 bulan memiliki nilai kerusakan yang paling tinggi yakni 2,33. Kemudian diikuti dengan lama pemeliharaan selama 2 bulan yakni 2 dan yang paling rendah adalah lama pemeliharaan 1 bulan yakni 1,66. Kerusakan fusi dan nekrosis didapatkan hasil yang sama yaitu setiap semakin lama ikan dipelihara maka hasilnya akan lebih tinggi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri maka semakin besar nilai kerusakan yang terjadi. Hasil menunjukkan parameter penunjang didapatkan: DO 8,4 ppm; suhu 28,9°C; pH 7,5; dan salinitas 16 ppt.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang mana telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, serta shalawat dan salam tetap tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad saw. Alhamdulillah penulis ucapkan karena skripsi yang berjudul “Kajian Histopatologi Insang Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) yang Dibudidayakan di Tambak yang Tecemar Limbah (Cd dan Pb) Di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo – Jawa Timur” ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana (S-1) Perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang. Dalam tulisan ini disajikan berbagai macam pokok bahasan yang secara umum meliputi kandungan logam berat yang terakumulasi di dalam insang ikan bandeng yang dipelihara di tambak yang terpolusi oleh limbah pabrik.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk menyempurnakan skripsi ini. Dengan adanya skripsi ini penulis berharap semoga bermanfaat dalam ilmu pengetahuan dan memberikan informasi bagi semua pihak yang membutuhkan khususnya dalam bidang perikanan.

Malang, 10 November 2015

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa penulisan ini tidak terlepas dari dukungan moril dan materil dari semua pihak. Melalui kesempatan ini, dengan puji syukur dan kerendahan hati perkenankan penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kelancaran dan berbagai kemudahan pada penulis dalam menyelesaikan laporan skripsi ini.
- Prof. Dr. Ir. Muhammad Bisri, MS selaku Rektor Universitas Brawijaya Malang.
- Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS selaku Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang.
- Prof. Ir. Marsoedi, Ph.D selaku dosen pembimbing I, yang telah banyak memberikan saran, bimbingan, arahan dan nasehat bagi penulis.
- Dr. Ir. Maftuch, MS selaku dosen pembimbing II, yang selalu memberikan semangat bagi penulis untuk selalu menemuinya.
- Ir. Heny Suprastyani, MS selaku dosen penguji I, yang telah banyak memberikan kritik dan saran serta pertanyaan kepada penulis agar bisa menjadi lebih baik lagi.
- Ibu Rini dan bapak Soleh selaku orang tua yang telah banyak memberikan do'a, motivasi dan dukungan yang tiada hentinya kepada penulis agar tetap kuat dan sabar dalam menyelesaikan skripsi.
- Adek dan kakak yang telah memberikan do'a, motivasi dan nasehat selama proses skripsi ini berlangsung.
- Saudara-saudari BP 2011 "**Aquatic Spartans**" yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini dan telah banyak mengukir manis pahitnya perjalanan dalam menuntut ilmu bersama.

- Harun, Cacing, Aji, Fajar, Fahmi, Nun, Kakung selaku teman-teman “Iwak Paus V/14” dan seluruh penduduk Joyogrand Randi, Eki, Aji, Prima, Buncis, Ica dan kawan-kawan yang selalu memberikan semangat dalam pengerjaan skripsi ini sampai selesai.
- Yang terkasih, yang selalu mengingatkan untuk selalu mengerjakan dan menyelesaikan skripsi ini.
- *Partner* skripsi saya Putri dan Esex yang selalu setia menemani perjalanan selama proses skripsi berlangsung.
- Seluruh pihak yang telah memeras keringatnya bersama saya dalam membantu penyelesaian skripsi ini.

Malang, 10 November 2015

Penulis



DAFTAR ISI

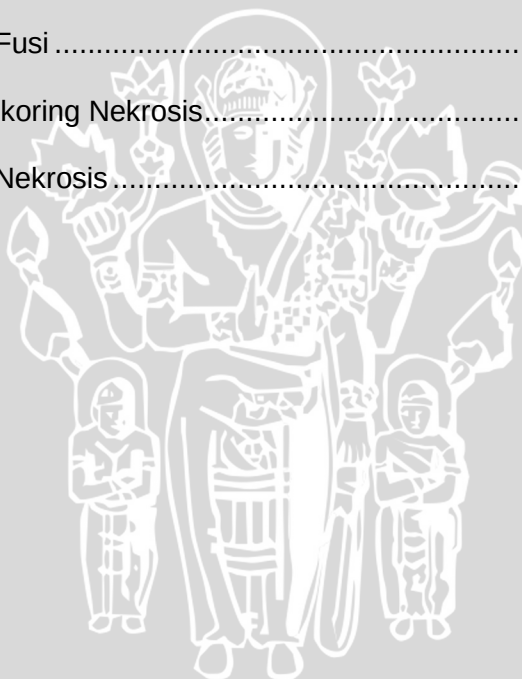
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
RINGKASAN	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Kegunaan	4
1.5 Hipotesis	4
1.6 Tempat dan Waktu	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Biologi Ikan Bandeng	5
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi	5
2.1.2 Habitat dan Penyebaran	6
2.2 Pencemaran Air	6
2.3 Karakteristik Logam Berat	7
2.3.1 Logam Berat Cd	7
2.3.2 Logam Berat Pb	7
2.4 Dampak Logam Berat Terhadap Organisme Perairan	8
2.5 Pengamatan Histopatologi	9
2.6 Insang	11
2.6.1 Pengertian Insang	11
2.6.2 Fungsi Insang	11
2.7 Kualitas Air	12
2.7.1 Suhu	12
2.7.2 pH	13
2.7.3 Oksigen Terlarut	13
2.7.4 Salinitas	14
3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Metode Penelitian	15
3.1.1 Alat	15
3.1.2 Bahan	15
3.2 Metode Penelitian	15
3.3 Prosedur Penelitian	16
3.3.1 Pengambilan Sampel	16

3.3.2 Pembuatan Histopatologi Insang	16
3.4 Analisis Data	19
3.5 Jadwal Penelitian	20
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian	21
4.2 Kandungan Logam Berat dalam Air	22
4.3 Kandungan Logam Berat dalam Seedimen	23
4.3.1 Logam Berat Kadmium (Cd)	23
4.3.2 Logam Berat Timbal (Pb)	24
4.4 Parameter Utama	25
4.4.1 Hiperplasia	25
4.4.2 Fusi	28
4.4.3 Nekrosis	30
4.5 Parameter Penunjang	32
4.5.1 Oksigen Terlarut (DO)	32
4.5.2 Suhu	33
4.5.3 pH	33
4.5.4 Salinitas	33
5. KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	40



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Persentase Nilai Skoring	20
2. Data Rata-rata Nilai Skoring Hiperplasia.....	25
3. Analisa Sidik Ragam Hiperplasia	26
4. Uji Beda Nyata Terkecil Hiperplasia.....	27
5. Data Rata-rata Nilai Skoring Fusi.....	28
6. Analisa Sidik Ragam Fusi	29
7. Data Rata-rata Nilai Skoring Nekrosis.....	31
8. Analisa Sidik Ragam Nekrosis	31



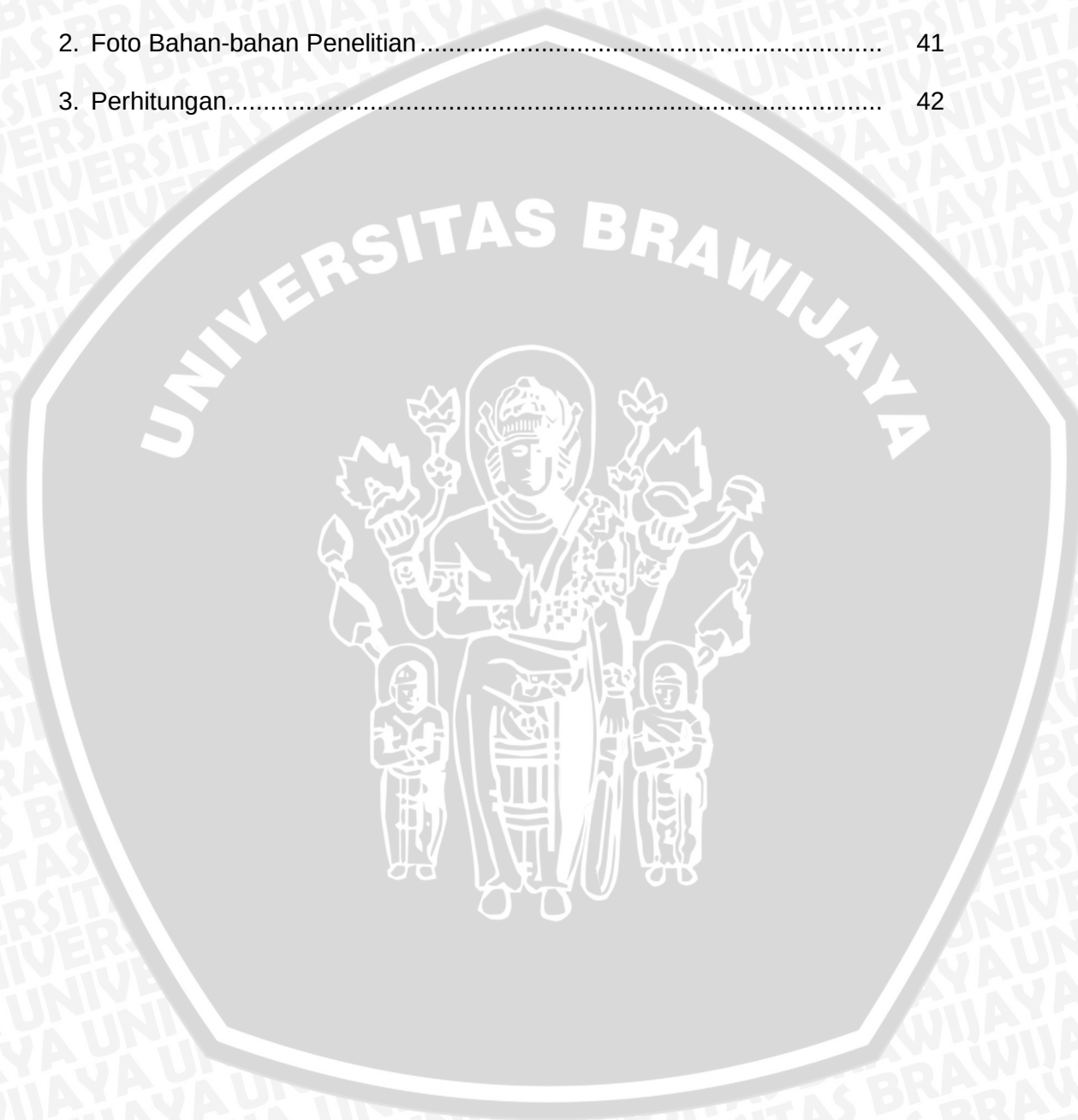
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ikan Bandeng (<i>Chanos chanos</i>).....	5
2. Potongan melintang insang ikan bandeng pada kerusakan hiperplasia	25
3. Grafik hubungan lama pemeliharaan dan nilai scoring kerusakan hiperplasia	27
4. Potongan melintang insang ikan bandeng pada kerusakan fusi	28
5. Potongan melintang insang ikan bandeng pada kerusakan nekrosis	30



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Foto Alat-alat Penelitian	40
2. Foto Bahan-bahan Penelitian	41
3. Perhitungan.....	42



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ikan bandeng merupakan salah satu ikan yang menjadi komoditas unggulan. Budidaya ikan bandeng telah lama dikenal oleh petani dan saat ini telah berkembang di hampir seluruh wilayah perairan Indonesia. Budidaya ikan bandeng tidak hanya berkembang di air payau saja, namun saat ini juga sedang berkembang di air tawar maupun laut dengan sistem keramba jaring apung (KJA). Produksi ikan bandeng di Indonesia mengalami kenaikan dari tahun ke tahun yakni 23,60% pada tahun 2007; 25,32% pada tahun 2008; 28,6% pada tahun 2009. Data produksi ikan bandeng mengalami peningkatan tajam yaitu sebesar 47,19% pada tahun 2010 (Perceka, 2011).

Budidaya bandeng memberikan keuntungan yang besar dan ini menjadi solusi bagi masyarakat yang kesulitan mencari pekerjaan. Masyarakat memilih melakukan pembudidayaan bandeng, dikarenakan cukup mudah, aman dan tidak memerlukan biaya yang cukup tinggi dalam proses pembudidayaannya serta tidak memerlukan teknologi tinggi yang dapat memakan modal yang banyak. Budidaya bandeng ini juga memiliki potensi pasar yang cukup prospektif dikarenakan permintaan pasar yang tinggi pula (Ayu,2013).

Kabupaten Sidoarjo sudah terkenal sejak jaman Kerajaan Mojopahit, khususnya untuk pembesaran ikan bandeng sampai mencapai ukuran konsumsi. Pada awalnya benih ikan bandeng didapat dari laut dalam, kemudian dipelihara pada tambak-tambak petani. Perkembangan selanjutnya nener dapat diproduksi di panti pembenihan (*hatchery*). Sebagian besar tambak bandeng masih dikelola secara tradisional dan bersifat monokultur (Wiwik,2010).

Namun di beberapa daerah terutama daerah pantai yang terletak di kota besar dan dekat dengan kawasan industri, daerah pesisir sudah banyak yang

tercemar akibat pembuangan limbah pabrik yang terbuang ke laut. Logam berat yang dapat mencemari perairan yang menyebabkan penurunan kualitas lingkungan yang akan berimbas terhadap usaha budidaya, terutama yang terletak dikawasan pesisir seperti kawasan pertambakan. Sungai merupakan sumber pembawa limbah padat dan limbah cair industri maupun rumah tangga dari aktivitas manusia. Seperti pada sungai Gedangan yang berada di Kecamatan Sedati Sidoarjo . Menurut penelitian Novianto *et al.* (2012), diketahui bahwa Muara sungai Gedangan telah tercemar logam berat Cd dan Pb yang cukup tinggi. Pencemaran ini disebabkan oleh adanya industri-industri yang ada di Kecamatan Sedati yang membuang limbahnya ke sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu. Pabrik yang kemungkinan sebagai sumber penghasil limbah logam berat yaitu: Pabrik Firma KHING GUAN yaitu pabrik biskuit menghasilkan limbah logam berat Pb, PT Pita Mas yaitu pabrik plastik menghasilkan limbah logam berat Pb, PT Nachindo Tape Industri yaitu pabrik perekat yang menghasilkan limbah logam berat Cd dan Pb yang berada di desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati.

Logam yang dapat menyebabkan keracunan adalah jenis logam berat saja. Terjadinya keracunan logam paling sering disebabkan pengaruh pencemaran lingkungan oleh logam berat, seperti penggunaan logam sebagai pembasmi hama (pestisida), pemupukan maupun karena pembuangan limbah pabrik yang menggunakan logam. Logam esensial seperti Cu dan Zn dalam dosis tertentu dibutuhkan sebagai unsur nutrisi pada hewan, tetapi logam nonesensial seperti Hg, Pb, Cd, dan As sama sekali belum diketahui kegunaannya walaupun dalam jumlah relative sedikit dapat menyebabkan keracunan pada hewan budidaya maupun liar (Darmono,1995).

Kadmium (Cd) merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah. Kadmium

berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal. Secara prinsipil pada konsentrasi rendah berefek terhadap gangguan pada paru-paru, emphysema dan renal tubular disease yang kronis(Darmono,1999).

Timbal merupakan salah satu logam berat yang beracun bagi tubuh. Timbal (Pb) yang masuk ke tambak pada akhirnya akan ditemukan dalam tubuh ikan dan udang. Bila ikan tersebut dimakan manusia maka timbal akan terakumulasi dalam jaringan tubuh manusia sehingga berbahaya bagi kesehatan, karena menyebabkan anemia, kerusakan sistem saraf, ginjal, terganggunya sistem reproduksi, turunnya IQ dan berpengaruh terhadap penyerapan zat oleh tulang untuk pertumbuhan, serta dapat merangsang kelahiran bayi prematur (Arisandi, 2004).

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

1.2 Perumusan Masalah

Bandeng (*Chanos chanos*) merupakan salah satu komoditas yang memiliki keunggulan komparatif dan strategis dibandingkan dengan komoditas perikanan lain, karena persyaratan hidupnya tidak menuntut kriteria kelayakan yang tinggi. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah terdapat unsur logam berat berupa Cadmium (Cd) dan timbal (Pb) pada air tambak dan sedimen tambak di perairan Kalanganyar Sidoarjo?
2. Apakah ada pengaruh dari logam berat Cadmium (Cd) dan timbal (Pb) terhadap histopatologi insang ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang berada di perairan Kalanganyar Sidoarjo?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui berapa besar kandungan logam berat berupa Cadmium (Cd) dan timbal (Pb) pada air dan sedimen di perairan Kalanganyar Sidoarjo.
2. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari adanya logam berat berupa Cadmium (Cd) dan timbal (Pb) terhadap histopatologi insang pada ikan bandeng (*Chanos chanos*). yang berada di perairan Kalanganyar Sidoarjo.

1.4 Kegunaan

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan informasi mengenai keadaan histopatologi insang ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang di budidaya di tambak yang tercemar (Cd dan Pb).

1.5 Hipotesis

H₀: Diduga Cadmiun (Cd) dan timbal (Pb) tidak mempengaruhi keadaan histopatologi insang ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang di budidaya di tambak yang tercemar.

H₁: Diduga Cadmiun (Cd) dan timbal (Pb) mempengaruhi keadaan histopatologi insang ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang di budidaya di tambak yang tercemar.

1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2015. Penelitian dan pengambilan sampel ikan bandeng (*Chanos chanos*) di Desa Kalanganyar Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo. Pembuatan preparat histopatologi dilakukan di Rumah Sakit Saiful Anwar (RSSA) Malang, dan pengamatan preparat histopatologi dilakukan di Laboratorium Patologi Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang. Analisa logam berat dan analisa fisika kimia dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I Malang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Ikan Bandeng

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Bandeng

Klasifikasi ikan bandeng (*Chanos chanos*) menurut Mudjiman (1992), adalah sebagai berikut:

Phylum	: Chordata
Kelas	: Pisces
Ordo	: Malacopterygii
Family	: Chanidae
Genus	: Chanos
Spesies	: <i>Chanos chanos</i> Forsk



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

Ikan bandeng secara morfologi dicirikan dengan bentuk memanjang berbentuk seperti torpedo. Sirip ekornya bercabang (forked), seluruh permukaan tubuhnya tertutup oleh sisik yang bertipe lingkaran yang berwarna keperakan 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 kepangkal ekor. Ikan bandeng dewasa dapat mencapai bobot 4-14kg dengan panjang 50-150cm. Ikan bandeng jantan memiliki badan lebih kecil daripada yang betina (Gotanco dan Menez, 2004).

2.1.2 Habitat dan Persebaran Ikan Bandeng

Ikan bandeng di alam banyak dijumpai di daerah pantai dan pulau di daerah trofik Indo-Pasifik. Kelimpahan tertinggi terdapat di daerah Asia Tenggara dan sebelah barat Pasifik. Ikan bandeng hidup pada berbagai tipe habitat, meliputi perairan pantai, muara, kawasan mangrove, danau pinggir pantai, daerah pasang surut, sungai dan daerah berarus. Namun demikian ikan bandeng umumnya hidup di daerah litoral pantai pada sepanjang masa hidupnya (Gordon dan Hong, 1986).

Menurut Bagarimao (1994), ikan bandeng bersal dari wilayah Eropa dan Amerika Utara dan melakukan migrasi ke wilayah laut tropis. Saat ini ikan bandeng lebih banyak ditemukan pada daerah tropis. Ikan bandeng dewasa hidup di laut. Bila ikan bandeng saatnya memijah secara alami akan memijah di tengah malam sampai menjelang pagi.

2.2 Pencemaran Air

Menurut Effendi (2000) pencemaran air adalah terkontaminasinya air oleh benda asing yaitu bisa berupa padatan atau cairan ataupun gas dan bisa juga makhluk hidup yang dapat merusak fungsi dari air itu sendiri sehingga tidak dapat digunakan sebagaimana mestinya. Untuk pendeteksiannya dapat dilihat secara fisik yaitu dengan melihat warna air dan organisme apa saja yang dapat hidup di perairan tersebut.

Perubahan lingkungan akibat pencemar dapat menimbulkan bahaya keracunan bagi kehidupan manusia dan organisme lainnya dalam artian jika memiliki daya racun (toksisitas) yang tinggi. Sumber-sumber pencemar dapat ditimbulkan dari proses alami berupa pengikisan dari batu mineral di sekitar perairan, partikel-partikel logam dari udara yang ikut bersama air hujan dan dari hasil kegiatan manusia berupa buangan sisa industri atau dari hasil sisa buangan rumah tangga. Pada dasarnya pencemaran yaitu merubah fungsi guna dari

perairan tersebut. Pencemaran terjadi apabila terdapat gangguan dalam daur materi yaitu apabila laju produksi suatu zat melebihi laju pembuangan atau penggunaan zat tersebut (Soemarwoto, 1991).

2.3 Karakteristik Logam Berat

2.3.1 Logam Berat Cd

Kadmium adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan Kadmium Oksida bila dipanaskan. Kadmium (Cd) umumnya terdapat dalam kombinasi dengan klor (Cd Klorida) atau belerang (Cd Sulfid). Kadmium membentuk Cd^{2+} yang bersifat tidak stabil. Cd memiliki nomor atom 48, berat atom 112,4, titik leleh $321^{\circ}C$, titik didih $767^{\circ}C$ dan memiliki massa jenis $8,65 \text{ g/cm}^3$ (Widowati *et al.*, 2008).

Logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu: saluran pernafasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit. Di dalam tubuh hewan logam diabsorpsi darah, berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh (Darmono, 2001).

2.3.2 Logam Berat Pb

Plumbum (Pb) adalah logam lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat, memiliki titik lebur rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif, sehingga bisa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan. Pb dicampur dengan logam lain akan terbentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya. 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).

Timbal (Pb) dan persenyawaannya dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia. Pb yang masuk ke dalam perairan sebagai dampak aktivitas kehidupan manusia diantaranya adalah air buangan dari pertambangan bijih timah hitam, buangan sisa industri baterai dan bahan bakar angkutan air. Secara alamiah, Pb dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Selain itu, proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin, juga merupakan salah satu jalur sumber Pb yang akan masuk dalam badan perairan. Pb yang masuk ke badan perairan sebagai dampak dari aktivitas kehidupan manusia. Senyawa Pb yang ada dalam badan perairan dapat ditemukan dalam bentuk ion-ion divalen atau ion-ion tetravalen (Pb^{2+} , Pb^{4+}). Badan perairan yang telah memasukkan senyawa atau ion-ion Pb, sehingga jumlah Pb yang ada dalam badan perairan melebihi konsentrasi yang semestinya dan melebihi baku mutu perairan, dapat mengakibatkan kematian bagi biota perairan (Palar, 2004).

2.4 Dampak Logam Berat Terhadap Organisme Perairan

Menurut Palar (2004), logam berat merupakan golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam yang lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan masuknya ke dalam tubuh organisme hidup. Logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup, bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh.

Toksisitas logam-logam berat yang melukai insang dan struktur jaringan luar lainnya, dapat menimbulkan hipoksia karena kesulitan mengambil oksigen dari air sehingga dapat mengakibatkan terjadinya penebalan pada sel epitel insang, sehingga dapat mengakibatkan degenerasi pada sel epitel insang yang mengakibatkan ikan kurang mampu berenang. Pada insang kemungkinan juga

akan terjadi hiperplasia pada bagian lamella dan interlamella pada epitel filamen. Selain itu juga kemungkinan akan terjadi hipertrofi filamen (pertumbuhan yang tidak normal karena unsur-unsur jaringan yang membesar). Ikan juga dapat menimbulkan kematian yang disebabkan oleh proses *anoxemia*, yaitu terhambatnya fungsi pernapasan yakni sirkulasi dan ekskresi dari insang (Erlangga,2007).

2.5 Pengamatan Histopatologi

Persiapan jaringan melalui tahap fiksasi, pemotongan jaringan, pelabelan spesimen, refiksasi, dan dekaflaso. Selanjutnya, pengolahan jaringan dilakukan dengan tahap dehidrasi, penjernihan, pemberian parafin dan pembuatan blok. Jaringan berparafin dalam bentuk blok yang akan dibuat irisan tipis jaringan dengan mikrotom sehingga menjadi preparat yang diwarnai dengan beberapa jenis pewarna jaringan, misalnya giemsa , eosin dan lain-lain (Panigoro *et al.* 2007).

Menurut Humason (1967) dalam Ersu (2008), spesimen organ (insang) yang telah ada, dipotong dengan ukuran 1 x 1 cm dengan ketebalan 2 – 3 mm dan diletakkan dalam *tissue cassette*. Langkah-langkahnya yaitu:

- a. Organ yang telah dipotong direndam ke dalam larutan fiksasi Buffer Netral Formalin (BNF) 10%, minimal selama 24 jam
- b. Selanjutnya dilakukan proses dehidrasi, yaitu proses untuk menarik air dari jaringan dengan merendam organ hasil fiksasi ke dalam larutan alkohol dengan konsentrasi bertingkat, yaitu alkohol 70%, alkohol 80%, alkohol 90%,alkohol 95% dan alkohol absolut 100%. Perendaman organ hasil fiksasi pada masing-masing konsentrasi alkohol dilakukan selama 2 jam.
- c. Tahap selanjutnya adalah clearing, yaitu proses yang dilakukan dengan cara merendam organ hasil dehidrasi pada larutan xylol.

- d. Setelah dilakukan proses clearing, maka dilakukan infiltrasi, yaitu proses pengisian parafin ke dalam pori-pori jaringan organ. Parafin yang digunakan adalah berplastik yang memiliki titik lebur 58°C . Proses infiltrasi dilakukan dengan dua tahap, yaitu tahap parafinisasi 1 dan parafinisasi 2, masing-masing tahapan dilakukan selama dua jam agar pori-pori jaringan organ terisi parafin dengan sempurna.
- e. Embedding (*blocking*) merupakan proses penanaman spesimen organ ke dalam parafin yang dicetak menjadi blok-blok parafin dalam wadah khusus berupa *tissue cassette/block* besi. Parafin yang digunakan sama dengan parafin yang digunakan dalam proses infiltrasi.
- f. Setelah parafin menjadi blok-blok, maka selanjutnya dilakukan pemotongan spesimen berparafin menggunakan *Rotary Mikrotom Spencer, USA*. Spesimen dipotong dengan ketebalan $4\text{--}5\text{ }\mu\text{m}$ yang nantinya akan berupa “pita-pita” jaringan yang saling bersambungan.
- g. Potongan-potongan tersebut diletakkan di atas penangas air dengan suhu 37°C . Sediaan potongan-potongan jaringan, dipilih yang terbaik dan diletakkan pada gelas objek yang telah ditetesi perekat putih telur. Kemudian disimpan di dalam inkubator selama 24 jam dengan suhu 56°C untuk mencairkan parafin yang melekat pada jaringan dan melekatkan jaringan pada gelas objek secara sempurna.
- h. Preparat yang telah difiksasi pada gelas objek diwarnai dengan Haematoxillin dan Eosin. Awalnya preparat dimasukkan kedalam xylol 1 dan xylol 2 selama dua menit untuk melarutkan parafin yang masih melekat pada gelas objek. Untuk hidrasi diperlukan larutan alkohol absolut 100% selama dua menit, alkohol 95%, dan alkohol 80% masing-masing selama satu menit.
- i. Kemudian cuci dalam air kran selama satu menit, dimasukkan ke dalam pewarna Mayer's Haematoxyllin selama 10 menit, cuci lagi dalam air kran

selama 30 detik, dimasukkan ke dalam Lithium carbonat selama 15-30 detik, dan cuci dalam air kran selama dua menit. Setelah itu preparat dimasukkan ke dalam larutan pewarna Eosin selama 2-3 menit, kemudian cuci dalam air kran selama 30-60 detik untuk menghilangkan Eosin yang masih tertinggal. Setelah pewarnaan, preparat dimasukkan ke dalam larutan alkohol 95% dan alkohol absolut 1 sebanyak 10 celupan serta alkohol absolut 2 selama dua menit.

- j. Setelah tahap pewarnaan selesai, maka dilakukan perekatan (*mounting*) menggunakan zat perekat permount dengan entelan, kemudian ditutup dengan gelas penutup (*cover glass*). Selanjutnya sediaan preparat siap diamati.

2.6 Insang

2.6.1 Pengertian Insang

Struktur jaringan insang terdiri dari lengkungan insang, sisir insang dan filament insang di sokong oleh kartilago, sistem vaskuler dan lapisan lapisan epithelium. Tulang rawan ini tersusun pula dari lamella primer dan sekunder yang dibungkus oleh lapisan epithelium. Pada lamella primer berjejer sejumlah lamella sekunder, dimana lamella sekunder ini disokong pula oleh lamella sekunder yang berkontraksi serta mengatur lacuna yang terdapat pada insang (Natalia, 2007).

Menurut Asniatih (2013), pemeriksaan histopatologi pada ikan dapat memberikan gambaran perubahan jaringan ikan yang terinfeksi penyakit. Dalam penentuan penyakit pada ikan, diagnosa penyakit merupakan langkah awal yang perlu diterapkan. Pemeriksaan lebih awal diperlukan agar penyakit mudah di kendalikan atau diberi penanganan. Pada proses diagnosa penyakit infeksi pada ikan, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu, tanda-tanda klinis yang meliputi tingkah laku, ciri-ciri eksternal maupun internal serta perubahan patologi yang terjadi pada jaringan organ pada ikan.

2.6.2 Fungsi Insang

Oksigen sebagai bahan pernapasan dibutuhkan oleh sel untuk berbagai reaksi metabolisme. Oleh sebab itu, kelangsungan hidup ikan sangat ditentukan oleh kemampuannya memperoleh oksigen yang cukup dari lingkungannya. Selain faktor lingkungan faktor dari dalam tubuh juga berpengaruh, misalnya terdapat kelainan pada insang itu sendiri. Berkurangnya oksigen terlarut dalam perairan, tentu saja akan mempengaruhi fisiologi respirasi ikan dan hanya ikan yang memiliki sistem respirasi yang sesuai dapat bertahan hidup. Insang terbentuk dari lengkungan tulang rawan yang mengeras, dengan beberapa filamen insang didalamnya. Tiap-tiap filamen insang terdiri atas banyak filamen, yang merupakan tempat pertukaran gas oksigen dan karbondioksida (Fujaya, 2008).

Ikan secara terus menerus memompa air melalui mulut dan di atas lengkung insang, dengan menggunakan pergerakan terkoordinasi dari rahang dan operculum (penutup insang) untuk ventilasi ini. Masing-masing lengkung insang mempunyai dua baris filamen insang, yang terbuat dari lempengan pipih yang disebut lamela. Darah yang mengalir melalui kapiler di dalam lamela akan mengambil oksigen dari air kemudian akan bercampur dengan darah yang selanjutnya oksigen akan disebarkan ke seluruh tubuh (Campbell, 2004).

2.7 Kualitas Air

2.7.1 Suhu

Kualitas air khususnya suhu, merupakan faktor yang sangat mempengaruhi pertumbuhan ikan. Suhu merupakan faktor yang mengendalikan aktifitas molekuler dalam metabolisme. Suhu adalah kapasitas panas dan dingin. Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan dan aliran serta kedalaman air. Peningkatan suhu akan diikuti dengan perubahan laju penyerapan kuning telur, laju

perkembangan dan laju metabolisme. Suhu juga berperan mengendalikan kondisi ekosistem perairan (Effendie, 2003).

Dalam kualitas air suhu memiliki peranan penting dalam terjadinya metabolisme dalam tubuh suatu organisme. Suhu lingkungan yang semakin tinggi maka kadar oksigen terlarut juga semakin menurun sedangkan pada saat suhu rendah, kecepatan metabolisme akan menurun. Sehingga sistem kekebalan tubuh juga akan mempengaruhi hidup organisme yang ada dalam perairan (Ahdiyah, 2011).

2.7.2 pH

Keasaman air untuk reproduksi atau perkembangbiakan biasanya akan baik pada pH 6,4 – 7,0 sesuai jenis ikan oleh karena itu dalam pemeliharaan ikan sebaiknya kondisi air dijaga agar berada pada kisaran nilai tersebut (Lesmana, 2001). Derajat keasaman lebih dikenal dengan istilah pH, yaitu logaritma dari kepekatan ion-ion H (hidrogen) yang terlepas dalam satu cairan. Derajat keasaman atau pH air menunjukkan aktifitas ion hydrogen dalam larutan tersebut dan dinyatakan sebagai konsentrasi ion hydrogen (Kordi dan Tanjung, 2007).

Derajat Keasaman (pH) merupakan banyaknya ion hidrogen yang terkandung di dalam air. Setiap organisme yang hidup di perairan memiliki kadar pH optimum untuk kehidupannya, termasuk ikan dan organisme lainnya. Nilai pH merupakan salah satu faktor lingkungan yang berhubungan dengan susunan spesies dari ikan dan kisaran pH yang optimum bagi ikan adalah 6,5-8,5 (Aqil, 2010).

2.7.3 Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut merupakan parameter kunci kualitas air. Tersedianya oksigen terlarut dalam air sangat menentukan kehidupan udang dan ikan. Oksigen terlarut dalam suatu perairan diperoleh melalui difusi dari udara ke dalam air, aerasi mekanis, dan fotosintesis tanaman akuatik. Sementara itu,

oksigen terlarut dalam air dapat berkurang akibat adanya respirasi dan pembusukan bahan organik pada dasar perairan (Effendy, 2003).

Kandungan oksigen terlarut (DO) sangat penting bagi kehidupan organisme air, terutama ikan. Perairan dikatakan baik apabila kandungan oksigen terlarut cukup banyak. Oksigen terlarut di air dapat disebabkan oleh difusi udara, proses asimilasi tanaman air hijau, aliran air yang masuk, dan hujan. Ikan jenis carp mempunyai batas minimum oksigen yang dibutuhkan untuk hidup di suatu perairan, yakni sebesar 4,5 ppm. Apabila jumlah oksigen terlarut tinggi tidak mempengaruhi kehidupan ikan karper. Akan tetapi dalam kadar tertentu terlalu tinggi kadar oksigen terlarut dapat menyebabkan kematian pada ikan karper. Terjadi proses emboli gas dalam pembuluh darah ikan (Murtidjo, 2004).

2.7.4 Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi total ion yang terdapat di perairan. Salinitas menggambarkan padatan total dalam air, setelah semua karbonat menjadi oksida, semua bromide dan iodide diganti oleh klorida dan semua bahan organik telah dioksidasi (Soeseno, 1987).

Menurut Boyd (1982), makin tinggi salinitas akan semakin besar tekanan osmotiknya. Pada salinitas tinggi, pertumbuhan bandeng menjadi lambat karena proses osmoregulasinya terganggu. Osmoregulasi merupakan proses pengaturan dan penyeimbang tekanan osmosis antara di dalam dan di luar tubuh bandeng. Apabila salinitas meningkat maka pertumbuhan bandeng akan melambat karena energi lebih banyak terserap untuk proses osmoregulasi dibandingkan untuk proses pertumbuhan.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian tentang Kajian Histopatologi Insang Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) yang Dibudidaya Di Tambak yang Tercemar Limbah Industri (Cd dan Pb) antara lain adalah sectio set, botol sampel, pH meter, DO meter, thermometer dan refraktometer. Bahan untuk pembuatan histopatologi insang yaitu auto tecnicon, mikrotom, objek glass, oven, mikroskop.

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian tentang kajian histopatologi insang ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang dibudidaya di tambak yang tercemar lumpur Lapindo (Cd dan Pb) antara lain adalah larutan Davidson, sampel air dan sampel insang ikan bandeng. Bahan untuk pembuatan sayatan histology insang adalah formalin 10%, alcohol 70%, alcohol 80%, alcohol 90%, larutan xylol, paraffin, waterbath, polyisin, pewarna HE.

3.2 Metode Penelitian

Metode yang akan digunakan pada penelitan ini adalah metode deskriptif. Menurut Suryabrata (2003), metode deskriptif adalah suatu metode yang menggambarkan keadaan atau kejadian pada suatu daerah tertentu. Data tersebut dapat menggambarkan suatu keadaan yang dapat menyimpulkan permasalahan yang dihadapi dan agar dapat dengan mudah menemukan jalan keluar. Dalam metode ini pengambilan data dilakukan tidak hanya terbatas pada pengumpulan dan penyusunan data, tetapi juga meliputi analisis dan pembahasan tentang data tersebut.

Penelitian deskriptif bertujuan untuk membuat deskriptif atau gambaran secara sistematis, factual dan akurat mengenai fakta, sifat serta hubungan

fenomena yang diseldiki (Nazir, 2003). Dengan metode diskriptif diharapkan hasil penelitian dapat memberikan gambaran mengenai kondisi yang meliputi tekstur dan keadaan fisik insang ikan bandeng yang terpapar logam berat dengan perbandingan ikan bandeng yang normal. Agar organ dapat dengan mudah dilihat perbedaan antara yang normal maka penglihatan jaringan insang dilakukan dibawah mikroskop perbesaran 400x.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Pengambilan Sampel

Sampel air diambil secara langsung kemudian ditempatkan pada botol air mineral 600 ml, air yang diambil adalah air permukaan dan air yang diperoleh diletakan pada *coolbox* untuk kemudian dianalisis di laboratorium. Sampel air yang diambil adalah tempat dimana terdapatnya ikan bandeng. Pengambilan sampel ikan dilakukan dengan menggunakan jaring. Sampel yang diambil adalah ikan bandeng dengan lama pemeliharaan yang berbeda, yakni ikan yang belum dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri (Cd dan Pb), setelah dipelihara 2 bulan dan setelah dipelihara 3 bulan dengan ukuran yang sama pada lama pemeliharaan. Sebagai data penunjang dilakukan pengukuran kualitas air diantaranya suhu, DO, pH dan salinitas.

3.3.2 Pembuatan Histopatologi Insang

Ikan yang telah diperoleh kemudian diambil sampel insang untuk diamati histopatologinya. Sampel insang dimasukkan ke dalam botol sampel dan diberi larutan fiksasi yaitu larutan Davidson agar organ tidak rusak saat dilakukan pengamatan, dilanjutkan dengan pembuatan preparat untuk histopatologi dan pengamatan preparat hasil histopatologi. Menurut Setiawan (2009), tahapan pembuatan histopatologi pada jaringan insang adalah sebagai berikut:

1. Tahap Fiksasi

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

2. Tahap Dehidrasi

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

3. Tahap Clearing

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

4. Tahap Impregnasi

Tahap impregnasi bertujuan untuk menyamakan keadaan jaringan dengan bahan pengeblokan dengan (*embedding*). Dilakukan dengan mencelupkan bahan ke paraffin cair dengan suhu 56-60⁰ C selama 2 jam, kemudian dilanjutkan dengan mencelupkan kembali ke dalam paraffin cair dengan suhu 56-60⁰ C selama 2 jam

5. Tahap Embedding

Tahap ini bertujuan untuk memudahkan penyayatan dengan menggunakan mikrotom. Setelah penyayatan bahan yang sudah diblok selesai, langkah berikutnya adalah memasukan hasil sayatan ke dalam waterbath (temperatur 40⁰ C), kemudian pilih hasil sayatan yang terbaik dan disiapkan objek glass (untuk persiapan pewarnaan HE) sebelumnya objek glass harus diolesi perekat polyisin. Berikutnya, sampeldikeringkan pada oven dengan suhu 50-60⁰ C kurang lebih selama 30 menit.

6. Teknik Pewarnaan dengan Menggunakan HE

Menurut Mutiha (2001), pewarnaan dengan menggunakan HE dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

- Deparafinisasi : Dilakukan dengan memasukkan hasil sayatan jaringan berturut-turut ke dalam xylol 1 selama 5 menit, xylol 2 selama 5 menit dan xylol 3 selama 5 menit.
- Hidrasi : Dilakukan dengan memasukan hasil sayatan berturut-turut ke dalam alkohol absolute selama 4 menit, alkohol 96% selama 3 menit, alkohol 90% selama 3 menit, alkohol 80% selama 2 menit, alkohol 70% selama 2 menit, terakhir sampel dimasukan ke dalam air mengalir selama 10 menit.
- Cat utama : Dilakukan dengan menambahkan pewarna hematoksilin selama 5 menit dan eosin 1% selama 3-5 menit.
- Dehidrasi : Dilakukan dengan memasukkan hasil sayatan jaringan ke dalam alkohol 70% selama 2 menit, alkohol 80% selama 2 menit, alkohol 90% selama 3 menit, alkohol 96% selama 4 menit dan alkohol absolute selama 5 menit.
- Clearing : Dilakukan dengan memasukkan hasil sayatan jaringan ke dalam xylol 1 selama 5 menit, xylol 2 selama 5 menit dan xylol 3 selama 5 menit.

7. Teknik Mounting

Preparat dilem dengan menggunakan DPX mouting medium, kemudian ditutup dengan cover glass jangan sampai terjadi gelembung agar saat pengamatan dimikroskop preparat terlihat jelas dan tidak terhalang oleh gelembung udara. Preparat dibiarkan dalam suhu ruangan sampai lem mengering kemudian diamati dibawah mikroskop. Dengan pewarnaan HE, inti yang bersifat asam akan berwarna ungu tua oleh hematoksilin yang bersifat

basa, sedangkan sitoplasma yang bersifat basa akan berwarna merah oleh eosin yang bersifat asam.

3.4 Analisis Data

Analisis Pb, Cd, Cu, Cr, Zn, Mn dan Ni ditentukan dengan AAS Varian SpectrAA-20 Plus menggunakan nyala campuran udara – asetilen. Penentuan tingkat pencemaran logam berat dilakukan dengan Metode Storet berdasarkan skor, dengan klas A, baik sekali, skor = 0 (memenuhi Baku Mutu), klas B, baik, skor = -1 sampai dengan -10 (tercemar ringan), klas C, sedang, skor = -11 sampai dengan -30 (tercemar sedang), dan klas D, buruk, skor $\geq$ -30 (tercemar berat) (Ahmad, 2009).

Hasil uji histopatologi insang pada ikan bandeng (*Chanos chanos*) menggunakan analisis secara deskriptif. Untuk mengetahui tingkat kerusakan jaringan insang ikan bandeng yang dibudidaya di tambak yang tercemar limbah industri (Cd dan Pb) maka dilakukan analisis statistik skoring dengan metode semi kuantitatif. Menurut Kakkilaya (2002), yang digunakan untuk menghitung jumlah area yang terwarnai dan dilakukan secara manual dengan menghitung persentasenya. Pembacaan dimulai dari tepi kiri (sesuai dengan posisi ekor peparat) ke arah kepala kemudian turun ke bawah dan bergeser kembali ke arah ekor kembali (gerak zig zag).

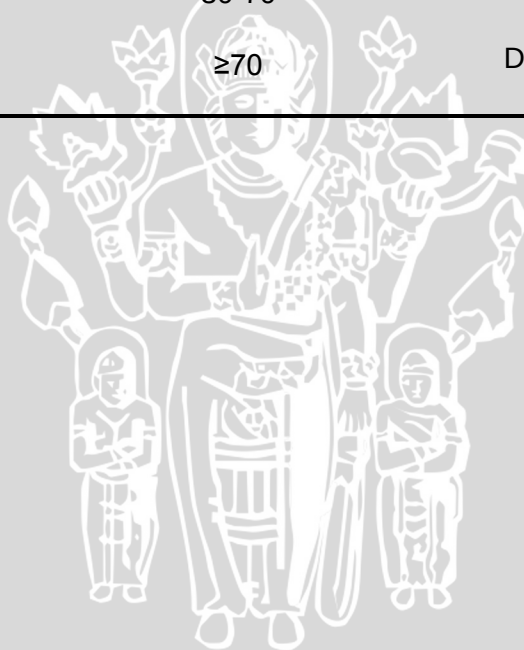
Data yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan analisa sidik ragam, uji BNT dan regresi, serta membandingkan histologi organ insang ikan bandeng (*Chanos chanos*) normal dengan histopatologi organ insang ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang dibudidaya di tambak yang terletak di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur dengan metode skoring.

Pada metode semi kuantitatif dilihat dari lima luas bidang pandang sehingga mendapatkan hasil yang maksimal pada tingkat kerusakan jaringan.

Setiap bidang lapang pandang dihitung berdasarkan jumlah sela yang mengalami kerusakan yaitu dengan cara menghitung zigzag. Perhitungan dilakukan dibawah mikroskop dengan pembesaran 400x. Dilakukan pada perbesaran 400x agar jaringan yang rusak terlihat dengan jelas dan dapat dilakukan perhitungan dengan mudah (Pantung *et al.*, 2008).

Table 1. Persentase Nilai Skoring (Pantung, *et al.*, 2008)

Nilai Skoring	Persentase Kerusakan (%)	Keterangan
1 (Normal)	0	Tidak terdapat kerusakan
2 (Ringan)	≤ 30	Dari luas bidang pandang
3 (Sedang)	30-70	Dari luas bidang pandang
4 (Berat)	≥ 70	Dari luas bidang pandang



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel berada di tambak Cemandi dan Sungai Gedangan di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. Kabupaten Sidoarjo merupakan kota *delta* karena dilingkupi oleh dua sungai besar yaitu sungai Porong dan sungai Brantas Hilir. Luas wilayahnya 71.424,25 ha terletak antara 112,5°-112,9° BT dan 7,3°-7,5° LS. Batas wilayah kabupaten Sidoarjo adalah sebagai berikut :

Sebelah Utara : kota Surabaya dan kabupaten Gresik

Sebelah Timur : Selat Madura

Sebelah Barat : kabupaten Mojokerto

Sebelah Selatan : kabupaten Pasuruan

Kecamatan Sedati dengan luas 79,43 km² merupakan kecamatan pantai yang sebagian besar wilayahnya berupa tambak dengan kepadatan penduduk yang relatif rendah; yaitu 678 jiwa/km² dan 1041 jiwa/km². Desa Kalanganyar adalah salah satu desa yang berada di kecamatan Sedati, yang mana memiliki luas 135.000 m² dengan jumlah penduduk 8.450 jiwa. Desa kalanganyar ini merupakan lokasi tempat pengambilan sampel penelitian yaitu di tambak Cemandi dengan luas tambak keseluruhan kurang lebih 10 Ha. Ikan yang dibudidaya yaitu ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Tambak yang menjadi tempat pengambilan sampel yang mana tambak tersebut memiliki perairan yang tercemar. Perairan tersebut memiliki bau yang kurang sedap, pada sekitar tambak sangatlah kotor, selain terkena limbah industri di sekitar tambak karena pengambilan air melalui sungai yang menjadi tempat pembuangan limbah industri. Tambak tersebut juga tercemar oleh limbah rumah tangga yang berada di sekitar tambak tersebut.

4.2 Kandungan Logam Berat dalam Air

Hasil pengamatan terhadap kandungan logam berat Cd dan Pb di dalam air tambak maupun air sungai diperoleh nilai yang tidak terdeteksi (ttd) dari setiap sampel yang diteliti yaitu kandungan logam berat Cd kurang dari 0,0024ppm sedangkan Pb kurang dari 0,0044ppm, tetapi hasil ini menunjukkan bahwa Cd dan Pb telah melebihi ambang batas baku mutu kualitas perairan jika didasarkan pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 thn. 2004 Baku Mutu Air Laut, untuk Biota Laut, yaitu kadmium (Cd) sebesar 0,001 ppm dan timbal (Pb) sebesar 0,008 ppm. Berdasarkan standar yang ditetapkan melalui PP No. 82 Tahun 2001 Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu Cd sebesar 0,01 ppm dan Pb sebesar 0,03 ppm, maka dapat dinyatakan bahwa kondisi kualitas air yang ditinjau berdasarkan kandungan logam berat Cd dan Pb ini masih berada dalam batasan yang normal. Tetapi kandungan logam berat pada perairan harus tetap diwaspadai karena menurut Arifin (2002), misalnya Pb dapat menyebabkan kerusakan *lamella* insang yang sejalan dengan semakin tingginya konsentrasi Pb. Kerusakan epitel insang terjadi akibat pengikatan lendir terhadap sejumlah Pb yang melewati *lamella* dan dengan komposisi yang lebih besar mampu menghalangi proses pertukaran gas-gas dan ion pada *lamella* dalam sistem respirasi dan dapat mengakibatkan sistem respirasi ikan bandeng terhambat dan pada akhirnya dapat menyebabkan kematian.

Berdasarkan data dari hasil pengamatan di atas menunjukkan kandungan logam berat Cd dan Pb memiliki nilai yang relatif rendah. Itu di karenakan pada saat pengambilan air tambak maupun air sungai pada saat air laut mengalami pasang kemudian air mengalir ke sungai dan air sungai digunakan untuk mengairi tambak, diduga akibat pertukaran air secara terus menerus terbawa aliran sungai menyebabkan kandungan kadar Pb dan Cd relatif rendah.

Walaupun kandungan logam berat dalam perairan relatif rendah tetap harus diperhatikan karena sedikit saja logam berat terakumulasi dalam tubuh maka akan mengganggu kesehatan makhluk hidup tersebut. Misalnya Timbal (Pb) dapat mengakibatkan penghambatan sistem pembentukan Hemoglobin (Hb) sehingga menyebabkan anemia, terganggunya sistem syaraf pusat dan tepi, sistem ginjal, sistem reproduksi, idiot pada anak - anak, sawan (*epilepsi*), cacat rangka dan merusak sel - sel somatik (Darmono, 2001).

4.3 Kandungan Logam Berat dalam Sedimen

4.3.1 Logam Berat Kadmium (Cd)

Hasil pengamatan kandungan logam berat Cd di dalam sedimen tambak maupun sungai yaitu sebesar 1,079 ppm. Hasil ini melebihi ambang batas berdasarkan peraturan pemerintah nomor 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, logam berat kadmium diperairan untuk kelas II tidak boleh melebihi 0,01 mg/l. Menurut Agustina (2010), cadmium sendiri termasuk dalam logam berat berbahaya berdasarkan PP Nomor 85 Tahun 1999 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun. Cadmium dapat membahayakan kesehatan manusia. Penyakit yang paling terkenal akibat keracunan Cd ini adalah itai-itai disease di sepanjang Sungai Jinzu, Jepang. Selain itu, menurut Palar (1994), biota-biota yang tergolong bangsa udang-udangan (crustacea) akan mengalami kematian dalam selang waktu 24 - 504 jam bila di dalam badan perairan di mana biota tersebut hidup terlarut logam atau persenyawaan Cd pada rentang konsentrasi antara 0.005-0.15 ppm. Hal ini dapat terjadi karena biota-biota tersebut mencari makanan di dasar perairan. Logam berat mudah mengendap pada sedimen kemudian sedimen tersebut termakan oleh biota-biota yang mencari makan di dasar perairan. Jadi tidak heran biota-biota tersebut keracunan secara langsung.

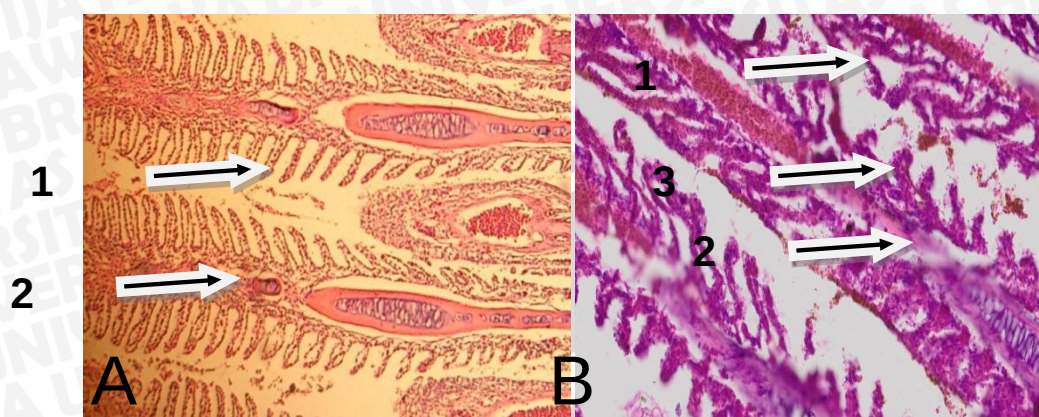
4.3.2 Logam Berat Timbal (Pb)

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap kandungan logam Pb di dalam sedimen tambak maupun sungai diperoleh nilai yang tidak terdeteksi (ttd). Ini menunjukkan bahwa kandungan logam Pb di sedimen pada saat pengambilan contoh masih berada di bawah batas deteksi alat. Tidak terdeteksinya logam Pb ini di akibatkan karena pelepasan logam dari sedimen yang di akibatkan beberapa faktor salah satunya derajat keasaman (pH) dan salinitas perairan. Menurut Hutagalung (1994), salinitas memiliki hubungan berbanding terbalik dengan konsentrasi logam berat yang ada, semakin tinggi salinitas maka konsentrasi logam berat akan menurun. Derajat keasaman atau pH perairan juga mempengaruhi kelarutan logam. Pada umumnya muara sungai mengalami proses terjadinya sedimentasi, dimana logam yang sukar mengalami proses pengenceran yang berada di kolom air lama kelamaan akan turun ke dasar dan mengendap dalam sedimen, sehingga kadar logam tersebut cukup tinggi, dengan nilai pH yang bersifat basa ($pH=7,37-8,22$) logam tersebut sukar larut dan akan mengendap ke dasar perairan.

Meskipun konsentrasi logam berat Pb dalam sedimen yang terdeteksi tidak memberikan informasi yang cukup berarti pada dampak bahaya logam bagi organisme, ataupun lingkungan dalam arti bahwa konsentrasi logam timbal (Pb) masih pada batas yang diperbolehkan pada sedimen, akan tetapi informasi tersebut sangat penting dalam mengidentifikasi sumber logam di perairan. Karena kandungan logam berat yang sedikit apabila secara terus-menerus juga akan menumpuk kemudian akan mempengaruhi kesehatan organisme tersebut. Karena logam berat Pb akan menyumbat peredaran sel darah merah pada tubuh.

4.2 Parameter Utama

4.2.1 Hiperplasia



Gambar 2. Potongan melintang insang ikan bandeng. (A) 1. Lamela sekunder 2.Lamela primer (Setyawan, 2013) dan (B) 1. Lamela sekunder 2.lamela primer 3.kerusakan hiperplasia, gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan perbesaran 100x

Gambar 2 menunjukkan antara kondisi mikroanatomi insang dengan keadaan normal dan dengan keadaan dimana terdapat kerusakan hiperplasia. Kerusakan hiperplasia ditunjukkan oleh anak panah pada gambar. Hiperplasia merupakan penebalan jaringan epitel di ujung filamen yang memperlihatkan bentuk seperti pemukul bisbol. Dapat terjadi juga pada dekat dasar lamella yang membengkak pada bagian epiteliumnya (Feist, 2002). Hiperplasia ini dapat terjadi pada ikan yang terstimuli oleh bahan kimia, polutan, logam berat. Berikut adalah rata – rata nilai skoring dari kerusakan insang berupa hiperplasia dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data rata – rata nilai skoring

Lama Pemeliharaan (bulan)	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
1	1,66	1,66	2	5,32	1,77
2	2	2	2	6	2
3	2,33	2	2,33	6,66	2,22

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri, maka semakin tinggi nilai kerusakan yang terjadi. Pada lama pemeliharaan selama 3 bulan memiliki nilai kerusakan yang paling tinggi yakni 2,33. Kemudian diikuti dengan lama pemeliharaan selama 2 bulan yakni 2 dan yang paling rendah adalah lama pemeliharaan selama 1 bulan yakni 1,66.

Semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri maka semakin besar nilai kerusakan yang terjadi pada insangnya. Hal ini diduga karena semakin lama ikan hidup pada media yang tercemar maka akan semakin banyak pula logam berat yang terakumulasi ke dalam tubuh ikan sehingga menyebabkan kerusakan pada insang. Menurut Ferdiaz (2001), penggunaan logam berat dalam industri seperti industri alat-alat listrik, industri cat dan plastik menyebabkan pencemaran lingkungan baik melalui air buangan maupun udara. Logam berat yang terbuang ke sungai, pantai atau badan perairan disekitar industry tersebut kemudian mengkontaminasi ikan-ikan dan makhluk hidup lainnya lama-kelamaan akan mengendap pada tubuh makhluk hidup tersebut.

Perbedaan lama pemeliharaan ikan bandeng pada tambak yang tercemar limbah industri memberikan pengaruh terhadap nilai skoring kerusakan. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan dapat diketahui dari analisa sidik ragam pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisa sidik ragam

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F _{hitung}	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	0,299	0,149	5,99*	5,14	10,92
Acak	6	0,149	0,024			
Total	8	0,448	-			

Keterangan : (*) = Berbeda nyata

Tabel 3 dapat diketahui hasil sidik ragam menunjukkan bahwa nilai F_{hitung} sebesar 5,99 berbeda nyata dengan F tabel 5% yakni 5,14. Hal ini

menunjukkan bahwa perbedaan lama waktu pemeliharaan dapat memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai skoring kerusakan. Sehingga dapat dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk mengetahui pengaruh tiap lama pemeliharaan seperti pada Tabel 4, dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 3.

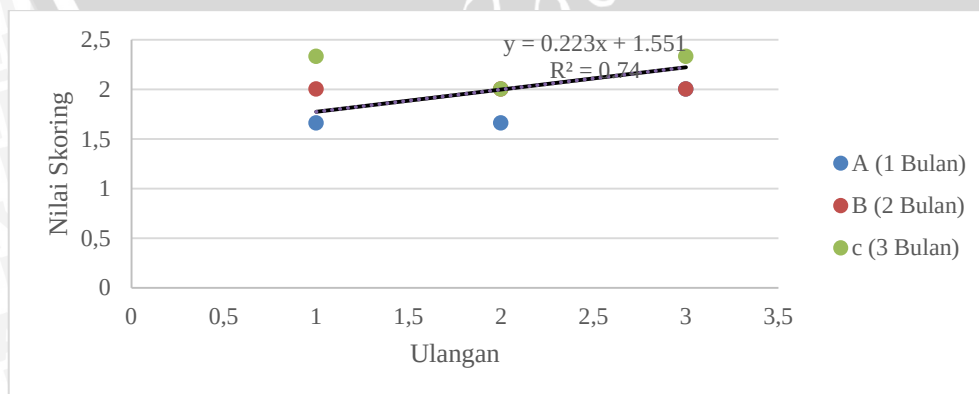
Tabel 4. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Hiperplasia

	Rerata Perlakuan	1	2	3	Notasi
		1,77	2	2,22	
1	1,77	0	-	-	a
2	2	0,22 ^{ns}	0	-	b
3	2,22	1,45 ^{**}	0,22 ^{ns}	0	c

Keterangan : (**) =Berbeda sangat nyata
(^{ns}) =Tidak berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 4 di atas, diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara pengaruh lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan yaitu perlakuan 1 sangat berbeda nyata dengan dengan perlakuan 2, dan kedua perlakuan tersebut sangat berbeda nyata dengan perlakuan 3.

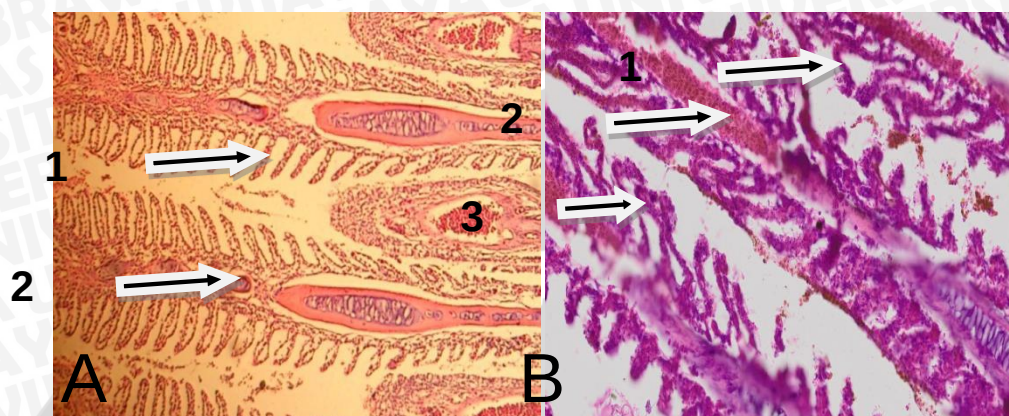
Untuk mengetahui hubungan antara lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan maka dilakukan analisa regresi dan uji polynomial orthogonal yang dapat dilihat pada Gambar 3 didapatkan pola hubungan linier dengan persamaan garis yaitu $y=0,223x + 1,551$ dan $R^2 = 0,74$



Gambar 3. Grafik hubungan lama pemeliharaan dan nilai skoring kerusakan (hiperplasia)

Grafik diatas menunjukkan bahwa semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri maka semakin besar nilai kerusakan yang terjadi.

4.2.2 Fusi



Gambar 4. Potongan melintang insang ikan bandeng. (A) 1. Lamela sekunder 2.Lamela primer (Setyawan N.,2013) dan (B) 1. Lamela sekunder 2.lamela primer 3.kerusakan fusi, gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan perbesaran 100x

Gambar 4 menunjukkan antara kondisi mikroanatomi insang dengan keadaan normal dan dengan keadaan dimana terdapat kerusakan fusi. Kerusakan fusi di tunjukan oleh anak panah pada gambar. Fusi merupakan kondisi dimana jaringan epitel yang melebur menjadi satu akibat dari hyperplasia hal ini dapat menyebabkan berkurangnya efisiensi difusi gas. Pembengkakan pada lamella sekunder dapat di hubungkan dengan edema lamella (bertambahnya ukuran atau volume suatu bagian tubuh karena peningkatan ukuran dari sel-sel individu), dan perubahan pada dasar arsitektur sel tiang (Robert, 2001). Berikut adalah rata – rata nilai skoring dari kerusakan insang berupa fusi dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Data rata – rata nilai skoring

Lama Pemeliharaan (bulan)	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
1	1	1	1	3	1
2	1,33	1	1,33	3,66	1,22
3	1,	1,66	1	3,66	1,22

Berdasarkan Tabel 5, dapat diketahui bahwa semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri, maka semakin tinggi nilai kerusakan yang terjadi. Pada lama pemeliharaan selama 3 bulan memiliki nilai kerusakan yang paling tinggi yakni 1,66. Kemudian diikuti dengan lama pemeliharaan selama 2 bulan yakni 1,33 dan yang paling rendah adalah lama pemeliharaan selama 1 bulan yakni 1.

Semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri maka semakin besar nilai kerusakan yang terjadi pada insangnya. Hal ini diduga karena semakin lama ikan hidup pada media yang tercemar maka akan semakin banyak pula logam berat yang terakumulasi ke dalam tubuh ikan sehingga menyebabkan kerusakan pada insang. Menurut Sunu (2001), apabila air telah tercemar oleh komponen-komponen anorganik, maka di dalamnya dapat mengandung berbagai logam berat yang berbahaya, walaupun jumlahnya kecil namun mempunyai tingkat keracunan tinggi karena sifatnya yang tidak terdegradasi dalam lingkungan dan mudah terakumulasi dalam jaringan tubuh makhluk hidup.

Perbedaan lama pemeliharaan ikan bandeng pada tambak yang tercemar limbah industri memberikan pengaruh terhadap nilai skoring kerusakan. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan dapat diketahui dari analisa sidik ragam pada Tabel 6.

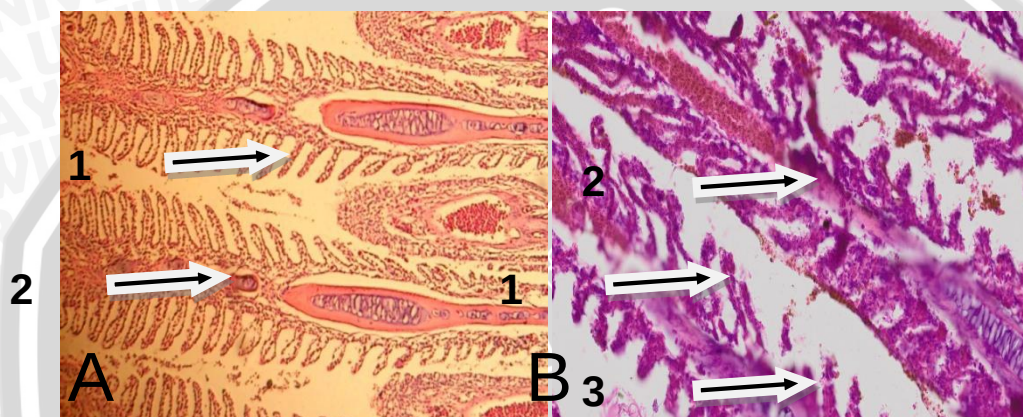
Tabel 6. Analisa sidik ragam

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F _{hitung}	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	0,0968	0,0484	0,8 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	0,363	0,0605			
Total	8	0,4598	-			

Keterangan : (^{ns}) = Tidak berbeda nyata

Tabel 6 menunjukkan hasil sidik ragam bahwa nilai F hitung sebesar 0,8 tidak berbeda nyata dengan F tabel 5% yakni 5,14. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan lama waktu pemeliharaan tidak dapat memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai skorig kerusakan fusi. Sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan lanjutan dengan uji BNT, dan perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.2.3 Nekrosis



Gambar 5. Potongan melintang insang ikan bandeng. (A) 1. Lamela sekunder 2.Lamela primer (Setyawan N.,2013) dan (B) 1. Lamela sekunder 2.lamela primer 3.kerusakan nekrosis, gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan perbesaran 100x

Gambar 5 menunjukkan antara kondisi mikroanatomi insang dengan keadaan normal dan dengan keadaan dimana terdapat kerusakan nekrosis. Kerusakan nekrosis di tunjukan oleh anak panah no.3 pada gambar. Nekrosis yang diakibatkan hipersekresi lendir menimbulkan perforasi pada pembuluh darah sehingga oksigen dan nutrisi tidak dapat mencapai lokasi pada sel-sel epitelial yang hiperplastik tersebut. Jika hal tersebut berlanjut, maka akan menyebabkan kematian jaringan kemudian sel tersebut akan memutuskan diri. Peningkatan sekresi lendir oleh sel mukus yang berlebihan akan dapat mengganggu proses pernafasan pada ikan bandeng karena proses osmosis oksigen tidak terjadi secara sempurna pada bagian insang yang tertutup sekresi mukus dan juga akibat adanya sel-sel epitelial lamella yang nekrotik (Roberts,

2001). Berikut adalah rata – rata nilai skoring dari kerusakan insang berupa nekrosis dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Data rata – rata nilai skoring

Lama Pemeliharaan (bulan)	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
1	1,66	1,33	2	4,99	1,66
2	2	1,33	1,66	4,99	1,66
3	2	2,33	2	6,33	2,11

Berdasarkan tabel 7, dapat diketahui bahwa semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri, maka semakin tinggi nilai kerusakan yang terjadi. Pada lama pemeliharaan selama 3 bulan memiliki nilai kerusakan yang paling tinggi yakni 2,33. Kemudian diikuti dengan lama pemeliharaan selama 2 dan 1 bulan yakni 2.

Semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah industri maka semakin besar nilai kerusakan yang terjadi pada insangnya. Hal ini diduga karena semakin lama ikan hidup pada media yang tercemar maka akan semakin banyak pula logam berat yang terakumulasi ke dalam tubuh ikan sehingga menyebabkan kerusakan pada insang. Menurut Adnan (2004), kandungan logam berat dalam ikan seringkali dikaitkan dengan pembuangan limbah industri di sekitar tempat hidup ikan tersebut. Banyaknya logam berat yang terserap tubuh ikan bergantung pada bentuk senyawa dan konsentrasi polutan, aktivitas mikroorganisme, tekstur sedimen, serta jenis ikan yang hidup di lingkungan tersebut. Insang merupakan organ yang langsung bersentuhan dengan air, sehingga apabila perairan tersebut mengandung polutan logam berat akan mengakibatkan kerusakan pada organ insang dan organ-organ yang berhubungan dengan insang.

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

mengetahui pengaruh perbedaan lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan dapat diketahui dari analisa sidik ragam pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisa sidik ragam

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F _{hitung}	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	0,39	0,19	2,29 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	0,52	0,08			
Total	8	0,92	-			

Keterangan : (^{ns}) =Tidak berbeda nyata

Tabel 8 menunjukkan bahwa nilai F hitung sebesar 2,29 tidak berbeda nyata dengan F tabel 5% yakni 5,14. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan lama waktu pemeliharaan tidak dapat memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai skoring kerusakan nekrosis. Sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan lanjutan dengan uji BNT, dan perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 3.

Hasil pengamatan yang dilakukan, kerusakan nekrosis yang terjadi pada ikan bandeng yang dipelihara di tambak yang tercemar limbah industri tidak menunjukkan adanya nilai yang tinggi. Sehingga pada tahapan skoring tidak dilakukan uji BNT. Hal ini dimungkinkan karena kadar pencemaran perairan tambak memiliki nilai yang kecil, sehingga belum terlalu memberikan pengaruh yang menyebabkan nekrosis pada insang.

4.3 Parameter Penunjang

Parameter penunjang pada penelitian ini adalah kualitas air yang meliputi oksigen terlarut, suhu, pH, dan salinitas.

4.3.1 Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Penelitian ini memperoleh nilai oksigen terlarut sebesar 5,5 ppm. Oksigen terlarut yang diperoleh tersebut sesuai dengan yang dibutuhkan oleh organisme

perairan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kordi dan Tamsil (2010), bahwa untuk pertumbuhan dan reproduksi, kandungan oksigen terlarut dalam air minimal 3 ppm dan sedangkan kandungan optimum adalah antara 3 - 6 ppm.

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

4.3.2 Suhu

Suhu pada kualitas air memiliki peranan penting dalam terjadinya metabolisme di tubuh suatu organisme. Suhu lingkungan yang semakin tinggi maka kadar oksigen terlarut juga semakin menurun, sedangkan pada saat suhu rendah kecepatan metabolisme akan menurun. Sehingga sistem kekebalan tubuh juga akan mempengaruhi hidup organisme yang ada dalam perairan (Ahdiyah, 2011).

Suhu pada penelitian ini adalah berkisar antara 29°C. Kisaran suhu pada tambak tersebut berada pada kisaran normal untuk ikan bandeng, hal ini sesuai dengan pendapat Cahyono (2001), menyatakan kisaran suhu perairan yang sesuai dengan kehidupan ikan bandeng berkisar antara 26,5-32°C.

4.2.3 pH

Derajat Keasaman (pH) merupakan banyaknya ion hidrogen yang terkandung di dalam air. Setiap organisme yang hidup di perairan memiliki kadar pH optimum untuk kehidupannya, termasuk ikan dan organisme lainnya. Nilai pH merupakan salah satu faktor lingkungan yang berhubungan dengan susunan

spesies dari ikan dan kisaran pH yang optimum bagi ikan adalah 6,5-8,5 (Aqil, 2010).

Dari penelitian pH yang didapatkan adalah 8 dan ini menunjukkan bahwa pH tersebut berada pada kisaran normal untuk parameter kualitas air dalam skala pemeliharaan bandeng. Menurut KKP (2011), bahwa budidaya ikan bandeng pH yang diperlukan berkisar 7,2-8,4, karena pada pH tersebut ikan bandeng akan tumbuh secara optimal.

4.3.4 Salinitas

Menurut Boyd (1982), makin tinggi salinitas akan semakin besar tekanan osmotiknya. Pada salinitas tinggi, pertumbuhan bandeng menjadi lambat karena proses osmoregulasinya terganggu. Osmoregulasi merupakan proses pengaturan dan penyeimbang tekanan osmosis antara di dalam dan di luar tubuh bandeng. Apabila salinitas meningkat maka pertumbuhan bandeng akan melambat karena energi lebih banyak terserap untuk proses osmoregulasi dibandingkan untuk proses pertumbuhan.

Salinitas pada penelitian ini adalah 17,8 ppt, dimana salinitas tersebut berada pada kisaran normal, hal ini sesuai dengan pernyataan BPBAP Jepara (2003), bahwa ikan bandeng dapat hidup pada salinitas 17-28 ppt. Ikan bandeng merupakan ikan yang bersifat euryhaline artinya memiliki toleransi yang luas terhadap kadar garam atau salinitas.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan:

- Perairan tambak bandeng di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur mengandung logam berat yang mana telah terbukti pada hasil Lab yaitu media air Cd (0,0024) dan Pb (0,0044) sedangkan pada sedimen : Cd (1,079) dan Pb (tidak terdeteksi)
- Hasil histologi insang ikan bandeng (*Chanos chanos*) terdapat kerusakan hiperplasia tertinggi pada ikan umur 3 bulan yaitu 2,33; kerusakan fusi tertinggi pada ikan umur 3 bulan yaitu 1,66; serta kerusakan nekrosis tertinggi pada ikan umur 3 bulan yaitu 2,33.

5.2 Saran

Saran yang dapat kita ambil dari hasil penelitian ini adalah agar dapat dilakukan penelitian lebih mendalam terhadap logam berat yang mencemari perairan yang berada di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan. 2004. Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air. Bogor: IPB.
- Agustina, F. (2010). Penyakit Itai-itai Akibat Polusi Kadmium (Cd). Dipetik 2 September 2014, dari [http:// penyakit-itai-itai-akibat-polusi.html](http://penyakit-itai-itai-akibat-polusi.html)
- Ahdiyah, U.L. 2011. Penggunaan Jerami Dan Serbuk Gergaji Sebagai Media Pengisi Pada Penyimpanan Udang Galah (*Macrobrachium Rosenbergii*) Tanpa Media Air. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. 65 hlm.
- Ahmad, F. 2009. Tingkat Pencemaran Logam Berat Dalam Air Laut dan Sedimen di Perairan Pulau Muna, Kabaena, dan Buton Sulawesi Tenggara. Makara, Sains, Vol. 13, No. 2, November 2009: 117-124
- Aqil, D.E. 2010. Pemanfaatan Plankton Sebagai Sumber Makanan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Di Waduk H. Juanda, Jawa Barat. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. 70 hlm.
- Arifin, Z. 2002. *Pencemaran di Teluk Jakarta Memperhatikan*. Harian Suara Pembaharuan.
- Arisandi, P. 2004. Mewaspada Bahaya Timbal Di Surabaya. <http://www.ecoton.or.id>
- Asniatih., I, Muhammad, dan S, Kadir. 2013. Studi Histopatologi Pada Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Yang Terinfeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila*. Jurnal Mina Laut Indonesia. Vol. 03 No.12.13-21 hal
- Ayu, D.R. 2013. Proses Pembelajaran Usaha Tambak Bandeng. FIP. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Bagarimao, T.U. 1994. Systematics, Distribution, Genetics and Life History of Milkfish, *Chanos chanos*. South Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC), Aquaculture Department, 5021 Tibauan, Iloilo, Philippines.
- BPBAP Jepara. 2003. Kualitas Air untuk Budidaya Perairan Payau. Jepara. 102 hlm
- Boyd, C.E. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. Elsevier Scientific Publisin Company. New York. 318p.
- Campbell, N. A. 2004. Biologi. Erlangga. Jakarta. 504 hlm.
- Cahyono. 2001. Kualitas Air Untuk Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. IPB. Bogor
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Jakarta : UI-Press.
- Darmono. 1999. "Kadmium (Cd) dalam Lingkungan Hidup dan Pengaruhnya Terhadap Kesehatan dan Produktivitas Ternak". Wartazoa 8, 28-32.
- Darmono. 2001. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI press. Jakarta.

- Effendy, H. 2000. Telaah Kualitas Air. Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan Bogor: IPB
- Effendy, H. 2003. Telaah Kualitas Air : Bagi pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Erlangga. 2007. Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar Provinsi Riau Terhadap Ikan Baung (*Hemibagrus nemurus*). IPB. Bogor.
- Ersa, I.M. 2008. Gambaran Histopatologi Insang, Usus dan Otot pada Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) di Daerah Cimpea, Bogor. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Feist. 2002. Polusi Air dan Polusi Udara Fakultas Pangan Dan Gizi IPB. Bogor
- Ferdiaz. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. UI Press: Jakarta
- Fujaya, Y. 2008. Fisiologi Hewan Air. PT. Rineka Cipta. Jakarta. 180 hlm
- Gotanco, R.G.B and Menez MAJ. 2004. Population Genetic Structure of Milkfish, (*Chanos chanos*), Based on PCR-RFLP Analysis of The Mitochondrial Control Region. Marine Biology. 145:789-801
- Gordon, M.S, and Hong L.Q. 1986. Biology of *Chanos chanos*. In: Lee CS, Gordon MS, Watanabe WO. Editor. Aquaculture of Milkfish (*Chanos chanos*): State of the Art. The Oceanic Institute Makapuu Point Waimanolo, Hawaii, hlm 1-33.
- Hutagalung H.P. (1994). Logam Berat dalam Lingkungan Laut. Pewarta Oceana IX no.1. Hlm : 45-59
- Kakkilaya, B.S. 2002. Peripheral Smear Examination for Malaria Parasites. CE update microbiology molecular diagnostics. 38 (4): 602-608.
- KKP. 2011. Standar Kualitas Air dalam Pembudidayaan. Jakarta. 56. hlm
- Kordi, G dan Tanjung, A.B, 2007. Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta. 210. hlm.
- Kordi, G dan Tamsil, 2010. Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Ikan Bandeng Perairan Payau. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta. 120. hlm.
- Mudjiman. 1992. Taksonomi dan Kunci Identifikasi Ikan. Binacipta : Jakarta
- Muntiha, 2001. Teknik Pembuatan Preparat Histopatologi dari Jaringan Hewan dengan Pewarnaan Hematoksin dan Eosin (H dan E). Bogor. Balai Penelitian Veteriner.
- Murtidjo, B.A. 2004. Budidaya Karper Dalam Jaring Apung Karamba. Kanisius. Yogyakarta. 76 hlm.

- Natalia, M. 2007. Pengaruh Plumbum (Pb) Terhadap Struktur Insang Ikan Mas (*Cyprinus carpio*, L). Jurnal Perikanan Dan Kelautan . Vol. 12 No. 1. 42-47 hal
- Nazir. 2003. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Jakarta.. Lingkungan Georafi. [Http:// Lingkungan Geografi. Blogspot.com/](http://Lingkungan.Geografi.Blogspot.com/) 2009/ 02/ tekstur- dan- struktur- tanah. Html . diakses tanggal 16 Mei 20015.
- Novianto, R.T.W.D., Rachmadiarti.F, dan Raharjo. 2012. Analisis Kadar Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Udang Putih (*Penaeus marginensis*) di Pantai Gesek Sedati Sidoarjo. LenteraBio.1 (2): 63-66.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta, Jakarta.
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta: Jakarta.
- Panigoro, N., A. Indri., B.Meliya., Salifira., D.C Prayudha., dan W. Kunika. 2007. Teknik Dasar Histopatologi Ikan. Balai Budidaya Air Tawar Jambi Direktorat Jendral Perikanan Budidaya Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Pantung, N., K.G. Helander, and V. Cheevaporn. 2008. "Histopathological Alterations of Hybrid Walking Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) in Acute and Subacute Cadmium Exposure". Environment Asia.1 : 22-27.
- Perceka M.L, 2011. Analisis Deskriptif Kemunduran Mutu Kulita Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Selama Penyimpanan Suhu Chilling Melalui Pengamatan Histologis. IPB. Bogor.
- Robert R. J. 2001. Fish Pathology 3rd Ed. W.B. Saunders. London.
- Setiawan, A. 2009. Pengaruh Pemberian Ekstrak Air buah Kesemek (*Diospyros Kaki i.f*) Terhadap Kadar Interleukin 8 dan gGambaran Histopatologi Jaringan Sendi Tikus (*Rattus novergicus*) Arthritis. Universitas Brawijaya Malang. Malang
- Setyawan. N. 2013. Gambaran Mikroanatomi pada Insang Ikan Sebagai Indikator Pencemaran Logam Berat di Perairan Kaligarang Semarang. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Soemarwoto, O. 1991. Beberapa Masalah Mendesak dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup. Widyapura No.1 tahun VII/1990. Pusat Penelitian dan Pengembangan dan Perkotaan dan Lingkungan DKI. Jakarta.
- Soeseno, S. 1987. Budidaya Ikan dan Udang Dalam Tambak. PT. Gramedia. Jakarta. 148 hal.
- Sunu, P. 2001. Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 1400.Grasindo: Jakarta

Suryabrata. 2003. Metodologi Pnelitian. CV. Rajawali. Jakarta.

Ulfin, I. 1995. Penrsitas Peyerapan Logam Berat Timbal dan Cadmium dalam Larutan oleh Kayu Apu (*Pistia stratiotes L*). Majalah Kappa Vol.2, No. 1 Januari 2001, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

Widowati, W., Sastiono A, dan Jusuf R.R. 2008. Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Penerbit Andi. Yogyakarta.

Wiwik, H.W. 2010. Pengembangan Budidaya dan Teknologi Pengolahan Bandeng Serta Distribusinya Sebagai Sumber Ekonomi Masyarakat di Jawa Timur.BPP Kementerian Dalam Negeri. Jakarta.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat - alat yang digunakan



Termometer



Sectionset



pH Meter



DO Meter Salinometer



AAS

Lampiran 2. Bahan-bahan yang digunakan



Kertas label



Es batu



Sampel air dan sedimen



Larutan Davidson



Insang ikan bandeng
(*Chanos chanos*)



Ikan bandeng
(*Chanos chanos*)

Lampiran 3. Perhitungan

a. Hiperplasia

Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{Total A} &= 1,66+1,66+2 \\ &= 5,32\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{A rata-rata} &= \frac{5,32}{3} \\ &= 1,77\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total B} &= 2+2+2 \\ &= 6\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{B rata-rata} &= \frac{6}{3} \\ &= 2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total C} &= 2,33+2+2,33 \\ &= 6,66\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{C rata-rata} &= \frac{6,66}{3} \\ &= 2,22\end{aligned}$$

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

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
A	1,66	1,66	2	5,32	1,77
B	2	2	2	6	2
C	2,33	2	2,33	6,66	2,22
				17,98	

Perhitungan Sidik Ragam

$$\begin{aligned}1. \text{ Faktor Koreksi (FK)} &= \frac{G^2}{N} \\ &= \frac{17,98^2}{9} \\ &= 35,92\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}2. \text{ Jumlah Kuadrat (JK Total)} &= (A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + C_3^2) - FK \\ &= (1,66^2 + 1,66^2 + 2^2 + \dots + 2,33^2) - 35,92 \\ &= 0,44\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}3. \text{ JK Perlakuan} &= \frac{\sum (\sum x_i)^2}{r} - FK \\ &= \frac{(TA^2 + TB^2 + TC^2)}{r} - FK \\ &= \frac{(5,32^2 + 6^2 + 6,66^2)}{3} - 35,92\end{aligned}$$

$$= 0,29$$

$$4. \text{ JK galat/acak} = \text{JK Total} - \text{JK perlakuan}$$

$$= 0,44 - 0,29$$

$$= 0,15$$

Analisa Sidik Ragam

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F _{hitung}	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	0,29	0,145	5,8*	5,14	10,92
Acak	6	0,15	0,025			
Total	8	0,44	-			

Keterangan (*) = Berbeda nyata

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

- Perhitungan Uji Beda Nyata Terkecil

$$\text{SED} = \sqrt{\frac{2 \text{ KT}_{\text{acak}}}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 0,025}{3}}$$

$$= 0,12$$

$$\text{BNT } 5\% = \text{T table } 5\% (\text{db}_{\text{acak}}) \times \text{SED}$$

$$= 2,447 \times 0,12$$

$$= 0,29$$

$$\text{BNT } 1\% = \text{T table } 1\% (\text{db}_{\text{acak}}) \times \text{SED}$$

$$= 3,70743 \times 0,12$$

$$= 0,44$$

Table BNT

Rerata Perlakuan		1	2	3	Notasi
		1,77	2	2,22	
1	1,77	0 ^{ns}	-	-	a
2	2	0,23 ^{ns}	0 ^{ns}	-	a
3	2,22	0,45**	0,22 ^{ns}	0 ^{ns}	b

Keterangan (**) = Berbeda sangat nyata

(^{ns}) = Tidak berbeda nyata

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

- Perhitungan Polynomial Orthogonal

Table Polynomial Orthogonal

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

➤ JK regresi total = JK Linear + JK Kuadratik

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

$$= 1,7299$$

Table sidik ragam regresi

SidikRagam	Db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	1,799	0	17,25**	5,14	10,95
Linear	1	1,5	1,5	3,44 ^{ns}		

Kuadratik	1	0,299	0,299
Acak (galat)	6	0,521	0,86
Total	8	2,32	0,29

b. Fusi

Perhitungan

$$\text{Total A} = 1+1+1$$

$$= 3$$

$$\text{Total B} = 1,33+1+1,33$$

$$= 3,66$$

$$\text{Total C} = 1+1,66+1$$

$$= 3,66$$

$$\text{A rata-rata} = \frac{3}{3}$$

$$= 1$$

$$\text{B rata-rata} = \frac{3,66}{3}$$

$$= 1,22$$

$$\text{C rata-rata} = \frac{3,66}{3}$$

$$= 1,22$$

Tabel Rerata Kerusakan Fusi Ikan Bandeng (*Chanoschanos*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
A	1	1	1	3	1
B	1,33	1	1,33	3,66	1,22
C	1	1,66	1	3,66	1,22
				10,32	

Perhitungan Sidik Ragam

$$5. \text{ Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{N}$$

$$= \frac{10,32^2}{9}$$

$$= 11,83$$

$$6. \text{ Jumlah Kuadrat (JK Total)} = (A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + C_3^2) - FK$$

$$= (1^2 + 1^2 + 1^2 + \dots + 1^2) - 11,83$$

$$= 0,44$$

$$7. \text{ JK Perlakuan} = \frac{\sum (\sum xi)^2}{r} - FK$$

$$= \frac{(TA^2 + TB^2 + TC^2)}{r} - FK$$

$$= \frac{(9^2 + 13,39^2 + 13,39^2)}{3} - 11,83$$

$$= 0,09$$

8. JK galat/acak = JK Total – JK perlakuan

$$= 0,44 - 0,09$$

$$= 0,35$$

Analisa Sidik Ragam

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	0,09	0,045	0,77 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	0,35	0,058			
Total	8	0,44	-			

Keterangan(^{ns}) = Tidak berbeda nyata

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

c. Nekrosis

Perhitungan

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

$$= 4,99$$

$$\text{A rata-rata} = \frac{3}{3}$$

$$= 1$$

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

$$= 4,99$$

$$\text{B rata-rata} = \frac{3,66}{3}$$

$$= 1,22$$

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

$$= 6,33$$

$$\text{C rata-rata} = \frac{3,66}{3}$$

$$= 1,22$$

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

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		

A	1,66	1,33	2	4,99	1,66
B	2	1,33	1,66	4,99	1,66
C	2	2,33	2	6,33	2,11
				16,31	

Perhitungan Sidik Ragam

$$\begin{aligned}
 9. \text{ Faktor Koreksi (FK)} &= \frac{G^2}{N} \\
 &= \frac{16,31^2}{9} \\
 &= 29,55
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 10. \text{ Jumlah Kuadrat (JK Total)} &= (A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + C_3^2) - FK \\
 &= (1,66^2 + 1,33^2 + 2^2 + \dots + 2^2) - 29,55 \\
 &= 0,89
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 11. \text{ JK Perlakuan} &= \frac{\sum (\sum x_i)^2}{r} - FK \\
 &= \frac{(TA^2 + TB^2 + TC^2)}{r} - FK \\
 &= \frac{(4,99^2 + 4,99^2 + 6,33^2)}{3} - 29,55 \\
 &= 0,40
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 12. \text{ JK galat/acak} &= \text{JK Total} - \text{JK perlakuan} \\
 &= 0,89 - 0,40 \\
 &= 0,49
 \end{aligned}$$

Analisa Sidik Ragam

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F _{hitung}	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	0,40	0,20	2,5 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	0,49	0,08			
Total	8	0,89	-			

Keterangan^(ns) =Tidak berbeda nyata

Dikarenakan nilai F hitung memiliki nilai yang lebih kecil daripada F table 5% maka perhitungan tidak dilanjutkan pada proses perhitungan Beda NyataTerkecil (BNT).

