

**KAJIAN HISTOPATOLOGI HATI IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) PADA
TAMBAK BUDIDAYA YANG TERCEMAR LIMBAH KADMIUM (Cd) DAN
TIMBAL (Pb) DI DESA KALANGANYAR, KECAMATAN SEDATI,
KABUPATEN SIDOARJO JAWA TIMUR**

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

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Oleh:

VENDRITA DAMAYANTI PUTRI

NIM. 115080501111017



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

**KAJIAN HISTOPATOLOGI HATI IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) PADA
TAMBAK BUDIDAYA YANG TERCEMAR LIMBAH KADMIUM (Cd) DAN
TIMBAL (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:
VENDRITA DAMAYANTI PUTRI
NIM. 115080501111017**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2015

**KAJIAN HISTOPATOLOGI HATI IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) PADA
TAMBAK BUDIDAYA YANG TERCEMAR LIMBAH KADMIUM (Cd) DAN
TIMBAL (Pb) DI DESA KALANGANYAR, KECAMATAN SEDATI,
KABUPATEN SIDOARJO JAWA TIMUR**

Oleh :

VENDRITA DAMAYANTI PUTRI
NIM. 115080501111017

Telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 2 November 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

(Prof. Dr. Ir. Arief Prajitno, MS)

NIP. 19550213 198403 1 001

Tanggal :

Dosen Penguji II

(Dr. Ir. M. Fadjar, M.Sc)

NIP. 19621014 198701 1 001

Tanggal:

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I

(Prof. Ir. Marsoedi, Ph.D)

NIP. 19460320 197303 1 001

Tanggal:

Menyetujui,
Dosen Pembimbing II

(Dr. Ir. Maftuch, M.Si)

NIP. 19660825 199203 1 001

Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Jurusan

(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)

NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal:

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

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



Malang, November 2015

Vendrita Damayanti Putri

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Marsoedi, Ph.D selaku dosen pembimbing I yang senantiasa dengan sabar dan telaten dalam membimbing penulis.
2. 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.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Arief Prajitno, MS selaku dosen penguji yang memberikan saran dan masukan hingga tersusun laporan yang lebih baik lagi
4. Bapak Dr. Ir. M. Fadjar, M.Sc selaku dosen penguji atas masukan yang di berikan sehingga dapat menyabarkan penulisan lebih luas lagi.
5. Keluarga tercinta mama (Erina Redyawati) dan juga papa (Trisno HB) serta adik tersayang (Nanditya Putri D) senantiasa memberi dorongan yang kuat, motivasi dan do'a yang tiada putusnya kepada penulis.
6. Moh. Holil Lulloh, Firda Ayundia, bapak Mistari dan ibu Bety yang memberikan doa dan semangat sehingga dapat terselesaikan laporan ini dengan baik.
7. Keluarga besar BP 2011 khususnya Widuri Indriyani yang telah banyak membantu dan memberikan semangat untuk segera menyelesaikan laporan ini, serta semua pihak yang telah memberi banyak dukungan baik moril maupun materiil sehingga dapat tersusunnya laporan Skripsi ini.

RINGKASAN

Vendrita Damayanti Putri. Kajian Histopatologi Hati Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Pada Tambak Budidaya yang Tercemar Limbah Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo - Jawa Timur. **Prof. Ir. Marsoedi, Ph.D.** dan **Dr. Ir. Maftuch, M.Si.**

Indonesia memiliki sumber daya perikanan yang cukup besar. Produksi perikanan Indonesia berasal dari kegiatan perikanan tangkap dan perikanan budidaya. Budidaya ikan bandeng (*Chanos chanos*) telah lama dikenal oleh pembudidaya dan saat ini telah berkembang hampir seluruh wilayah perairan Indonesia. Namun saat ini beberapa daerah pesisir sudah banyak yang tercemar, yang berdampak dengan penurunan produksi ikan bandeng, akibat kondisi tambak yang tercemar. Diantara logam berat yang masuk ke dalam perairan, Cd dan Pb sangat berbahaya karena dapat mengganggu fungsi normal enzim dan struktur seluler ikan dan biota air lainnya sehingga menyebabkan penurunan kualitas lingkungan budidaya. Kekhawatiran masuknya logam berat (Cd dan Pb) dari perairan Kalanganyar yang dapat terakumulasi pada jaringan ikan bandeng karena perairan tersebut digunakan untuk mengairi tambak pembudidaya ikan bandeng dan sebagai komoditi masyarakat sekitar. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian histopatologi hati ikan bandeng yang dibudidaya di tambak yang tercemar (Cd dan Pb).

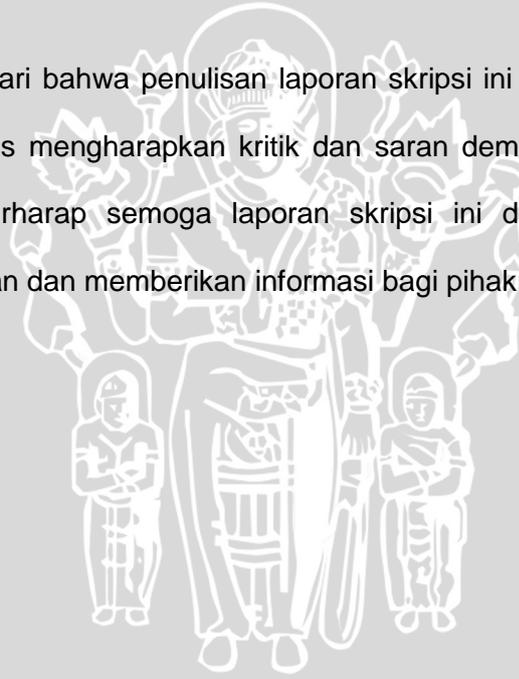
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui adanya pencemaran Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada air dan sedimen tambak di perairan Kalanganyar Sidoarjo dan untuk mengetahui pengaruh Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) terhadap histopatologi hati pada ikan bandeng (*Chanos-chanos*) yang berada di perairan Kalanganyar Sidoarjo. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Data hasil untuk masing-masing sampel dianalisis dengan cara sebagai berikut yaitu: Analisa logam berat dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometrik Serapan Atom (AAS) dan membandingkan dengan nilai baku mutu perairan. Serta menghitung tingkat kerusakan hati ikan bandeng berdasarkan nilai skoring.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan kandungan logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada air sungai maupun air tambak budidaya bandeng (*Chanos chanos*) yaitu Cd sebesar $<0,0024$ ppm dan Pb sebesar $<0,0044$ ppm. Sedangkan kandungan logam berat Cd dan Pb pada sedimen sungai maupun sedimen tambak budidaya bandeng (*Chanos chanos*) yaitu Cd sebesar 1,079 ppm dan Pb tidak terdeteksi, sedangkan pada hati ikan bandeng yang dibudidaya pada tambak yang tercemar limbah mengalami kerusakan berupa pembengkakan sel, kongesti dan degenerasi lemak. Berdasarkan rata-rata hasil skoring kerusakan pembengkakan sel pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai tertinggi yakni 2, rata - rata hasil skoring kerusakan kongesti pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai tertinggi yakni 2, dan serta rata - rata hasil skoring kerusakan degenerasi lemak pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai tertinggi yakni 3,33. Hasil pengamatan kualitas air selama penelitian: suhu sebesar $29,2^{\circ}\text{C}$, pH sebesar 7,5, DO sebesar 6,2 mg/L, dan salinitas sebesar 17,8 ppt.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas karunia-Nya, maka penyusunan laporan ini dapat diselesaikan. Laporan dengan judul “Kajian Histopatologi Hati Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Pada Tambak Budidaya Yang Tercemar Limbah Kadmiun (Cd) dan Timbal Pb di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo - Jawa Timur” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya.

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



DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
UCAPAN TERIMAKASIH	iv
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Kegunaan	4
1.5 Hipotesis	5
1.6 Waktu dan Tempat Penelitian	5
2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Biologi Ikan Bandeng	6
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi	6
2.1.2 Habitat dan Penyebaran	7
2.2 Pencemaran Air	8
2.3 Karakteristik Logam Berat	9
2.3.1 Logam Berat Cd	9
2.3.2 Logam Berat Pb	10
2.4 Dampak Logam Berat Terhadap Organisme Perairan	11
2.5 Pengamatan Histopatologi	12
2.6 Hati	12
2.6.1 Pengertian hati	12
2.6.2 Fungsi hati	13
2.7 Struktur Jaringan Hati	14
2.7.1 Histologi	14
2.7.2 Histopatologi	15
2.8 Kualitas Air	16
2.8.1 Suhu	16
2.8.2 pH	17
2.8.3 Oksigen Terlarut (DO)	17
2.8.4 Salinitas	18
3 METODE PENELITIAN	19
3.1 Materi Penelitian	19
3.1.1 Alat	19
3.1.2 Bahan	19
3.2 Metode penelitian	19

3.3	Prosedur Penelitian	19
3.3.1	Pengambilan Sampel Air	19
3.3.2	Metode Pengambilan Sampel Ikan	20
3.3.3	Pembuatan Histologi Hati	20
3.4	Analisis Data	23
4	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Deskripsi Lokasi Penelitian.....	26
4.2	Hasil Kandungan Logam Berat dalam Air.....	27
4.3	Kandungan Logam Berat dalam Sedimen.....	28
4.4	Hasil Pengamatan Histopatologi Hati.....	30
4.4.1	Pembengkakan Sel.....	30
4.4.2	Kongesti.....	33
4.4.3	Degenerasi Lemak.....	37
4.5	Parameter Kualitas Air.....	40
4.5.1	Suhu.....	40
4.5.2	pH.....	41
4.5.3	Oksigen Terlarut (DO)	42
4.5.4	Salinitas.....	42
5	PENUTUP.....	43
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran.....	43
	DAFTAR PUSTAKA.....	44
	LAMPIRAN.....	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ikan Bandeng (<i>Chanos chanos</i>)	6
2. Kondisi histologi hati ikan bandeng normal (1) Hepatosit, (2) Sinusoid, dan (3) Vena Sentralis (Alifia dan Djawad, 2000).....	15
3. Kondisi histologi hati ikan Bandeng vena sentralis kosong (X.Degenerasi lemak) (Alifia dan Djawad, 2000).....	16
4. Alur skoring (Siswandari, 2005).....	24
5. Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng Normal, (1) Hepatosit, (2) Sinusoid, dan (3) Vena Sentralis dengan pembesaran 400x (Alifia dan Djawad, 2000) dan (B) Potongan Melintang Hati yang mengalami kerusakan dengan menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan pembesaran 400x dan pewarnaan H-E, (X) Pembengkakan sel (Y), Kongesti (Z), dan Degenerasi lemak (Hasil pengamatan).....	30
6. (A) Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng mengalami pembengkakan sel dengan pembesaran 400x (Alifia dan Djawad, 2000) dan (B) Potongan Melintang Hati yang mengalami pembengkakan sel (X) dengan menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan pembesaran 400x dan pewarnaan H-E (Hasil pengamatan)	31
7. (A) Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng mengalami kongesti dengan pembesaran 400x (Alifia dan Djawad, 2000) dan (B) Potongan Melintang Hati yang mengalami kongesti (X) dengan menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan pembesaran 400x dan pewarnaan H-E (Hasil pengamatan).	34
8. Grafik hubungan lama pemeliharaan terhadap nilai skoring (Kongesti)....	37
9. Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng mengalami degenerasi lemak dengan pembesaran 400x (Alifia dan Djawad, 2000) dan (B) Potongan Melintang Hati yang mengalami degenerasi lemak (X) dengan menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan pembesaran 400x dan pewarnaan H-E (Hasil pengamatan).....	38

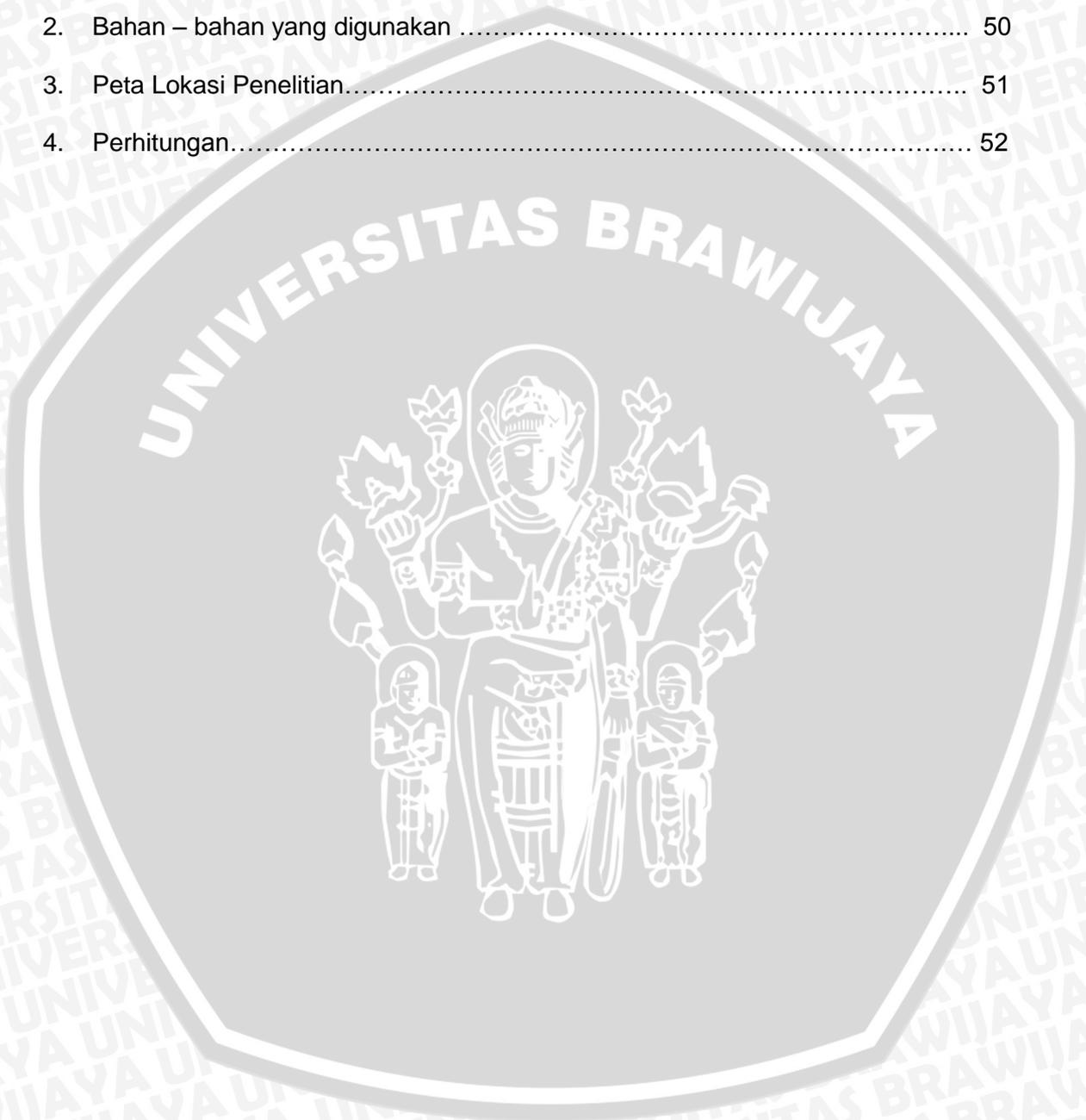
DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Parameter fisika dan kimia perairan yang diukur	20
2. Baku Mutu Air Kelas II.	23
3. Persentase Nilai Skoring.....	25
4. Hasil analisis kandungan logam berat dalam air Cd dan Pb	27
5. Hasil analisis kandungan logam berat dalam sedimen Cd dan Pb.....	29
6. Data rata-rata nilai skoring (Pembengkakan Sel).....	32
7. Analisa Keragaman	33
8. Data rata-rata nilai skoring (Kongesti).....	34
9. Analisa Keragaman	35
10. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT).....	36
11. Data rata-rata nilai skoring (Degenerasi Lemak).....	38
12. Analisa Keragaman	40



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat - alat yang digunakan	49
2. Bahan – bahan yang digunakan	50
3. Peta Lokasi Penelitian.....	51
4. Perhitungan.....	52



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki sumber daya perikanan yang cukup besar. Produksi perikanan Indonesia berasal dari kegiatan perikanan tangkap dan perikanan budidaya. Produksi perikanan tangkap pada tahun 2002 tercatat sebesar 4.378.495 ton, sedangkan produksi perikanan budidaya tercatat sebesar 1.076.750 ton (Irianto dan Giyatmi, 2009).

Potensi akuakultur air payau salah satu diantaranya adalah sistem tambak yang saat ini telah banyak dimanfaatkan dan sebagian besar digunakan untuk memelihara ikan bandeng (*Chanos chanos*). Ikan bandeng merupakan salah satu ikan yang menjadi komoditas unggulan. Budidaya ikan bandeng (*Chanos chanos*) telah lama dikenal oleh pembudidaya dan saat ini telah berkembang di hampir seluruh wilayah perairan Indonesia. Budidaya ikan bandeng (*Chanos chanos*) tidak hanya berkembang di air payau saja, namun saat ini juga sedang berkembang di air tawar maupun laut dengan sistem keramba jaring apung (KJA) (Syamsuddin, 2010).

Dengan meningkatnya permintaan ikan bandeng, maka sistem budidaya yang baik perlu dikembangkan agar permintaan masyarakat terhadap ikan bandeng yang baik nilai gizinya itu dapat tercukupi. Salah satu yang dapat mendukung sistem budidaya ikan bandeng yang baik adalah lingkungan yang baik pula, dimana lingkungan tersebut bebas dari berbagai pencemaran yang dapat mengganggu kestabilan lingkungan maupun pertumbuhan organisme didalam perairan tersebut (Wibowo, 2014).

Namun saat ini beberapa daerah pesisir sudah banyak yang tercemar, yang berdampak dengan penurunan produksi ikan bandeng, akibat kondisi tambak yang tercemar. Menurut Palar (2004), menambahkan bahwa tingkat kerusakan ekosistem atau kehancuran biota air oleh logam berat tidak sama, tergantung pada jenis logam beratnya tetapi kehancuran salah satunya akan memutus mata rantai makanan dan kehidupan yang ada didalam ekosistem perairan. Di antara logam berat yang masuk ke

dalam perairan, Cd dan Pb sangat berbahaya karena dapat mengganggu fungsi normal enzim dan struktur seluler ikan dan biota air lainnya sehingga menyebabkan penurunan kualitas lingkungan budidaya.

Salah satu bahan pencemar yang berbahaya adalah logam berat, karena bersifat toksik. Logam-logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan antara lain merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), kadmium (Cd), khromium (Cr) dan nikel (Ni) (Fardiaz, 2006). Peningkatan kadar logam berat pada air akan mengakibatkan logam berat yang semula dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme biota dapat berubah menjadi racun dan menimbulkan efek toksik pada biota (Rochyatun *et al.*, 2006).

Perairan yang mengandung logam berat dapat mengakibatkan biota air yang hidup didalamnya mengakumulasi logam berat dalam jaringan tubuhnya. Connell dan Miller (1995), menambahkan bahwa pencemaran perairan oleh logam berat didukung oleh sifat logam berat yaitu: sulit didegradasi sehingga keberadaannya di perairan sulit untuk dihilangkan, dapat terakumulasi didalam tubuh ikan, kerang, udang dan tumbuhan air dan berbahaya bagi organisme yang mengkonsumsinya, serta mudah terakumulasi didalam sedimen sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi daripada di air. Logam berat pada ikan dapat masuk melalui insang, karena insang merupakan alat pernafasan ikan yang memiliki kepekaan tinggi terhadap logam, sedangkan akumulasi logam tertinggi terdapat dalam hati dan ginjal (Darmono, 2001).

Lingkungan perairan merupakan salah satu faktor penting dalam usaha pembudidayaan ikan. Hal ini tidak terlepas dari hasil kegiatan manusia yang dapat menimbulkan pencemaran logam berat yang dapat mempengaruhi aspek ekologis maupun aspek biologis (Bangun, 2005). 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, PT Pita Mas, PT Nachindo Tape Industry, PT Hair Star Indonesia di desa Betro Kecamatan Sedati dan beberapa pabrik di antaranya Pabrik Pengolahan Udang, PT Maspion, Avians Brand dan PT Japfa Comfeed Indonesia. Tbk yang juga membuang limbahnya ke sungai yang alirannya menuju tambak di Kalanganyar, dimana air sungai tersebut digunakan untuk mengairi tambak ikan bandeng.

Kekhawatiran masuknya logam berat (Cd dan Pb) dari perairan Kalanganyar yang dapat terakumulasi pada jaringan ikan bandeng karena perairan tersebut digunakan untuk mengairi tambak pembudidaya ikan bandeng dan sebagai komoditi masyarakat sekitar. Ikan bandeng dapat mengadsorpsi logam berat melalui makanannya dan langsung dari air dengan melewati insang, juga dapat berikatan dengan protein diseluruh jaringan ikan, termasuk hati dan jika selanjutnya dikonsumsi manusia maka akan mengumpul dalam waktu yang lama akan bersifat sebagai racun yang akumulatif artinya tidak bisa diurai oleh organ tubuh sehingga akan membahayakan bagi kesehatan.

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

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, dapat dibuat suatu rumusan masalah sebagai berikut:

- (1) Apakah terdapat pencemaran Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada air dan sedimen tambak di perairan Kalanganyar Sidoarjo?

- (2) Apakah ada pengaruh Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) terhadap histopatologi hati ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang berada di perairan Kalanganyar Sidoarjo?

1.3 Tujuan

Sesuai dengan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- (1) Untuk mengetahui adanya pencemaran Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada air dan sedimen tambak di perairan Kalanganyar Sidoarjo.
- (2) Untuk mengetahui pengaruh Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) terhadap histopatologi hati pada ikan bandeng (*Chanos-chanos*) yang berada di perairan Kalanganyar Sidoarjo.

1.4 Kegunaan

Dengan penelitian ini diharapkan memberikan informasi mengenai keadaan histopatologi hati ikan Bandeng yang dibudidaya di tambak yang tercemar Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb).

1.5 Hipotesis

H_0 : Diduga Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) tidak berpengaruh terhadap histopatologi hati ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang di budidaya di tambak yang tercemar.

H_1 : Diduga Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) berpengaruh terhadap histopatologi hati ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang di budidaya di tambak yang tercemar.

1.6 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Juli 2015. Pengambilan sampel ikan bandeng (*Chanos chanos*) dilakukan di Tambak Candisari Desa Kalanganyar Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo. 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 fisika kimia dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Perusahaan Umum (Perum) Jasa Tirta I Malang.



2. TINJAUAN PUSTAKA

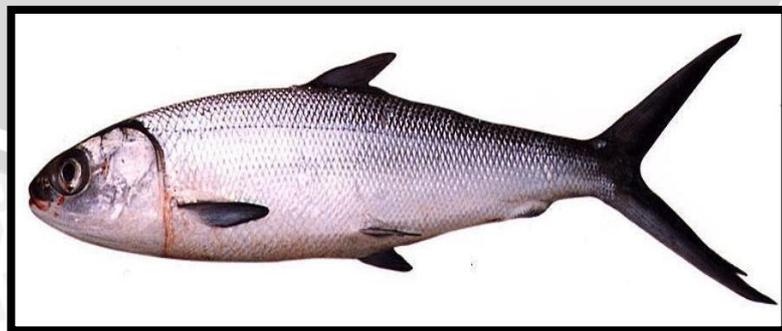
2.1 Biologi Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Menurut Saanin (1984) dalam Kordi (2009) klasifikasi ikan bandeng adalah sebagai berikut :

Filum	: Chordata
Subfilum	: Vertebrata
Kelas	: Pisces
Subkelas	: Teleostei
Ordo	: Malacopterygii
Famili	: Chanidae
Genus	: Chanos
Spesies	: <i>Chanos chanos</i>

Menurut Syamsuddin (2010), secara morfologi ikan bandeng (Gambar 1) memiliki bentuk tubuh yang langsing mirip torpedo umumnya simetris, seluruh permukaan tubuhnya tertutup oleh sisik yang bertipe lingkaran yang berwarna keperakan, pada bagian tengah tubuh terdapat garis memanjang dari bagian penutup insang hingga ke ekor.



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

Sirip dada ikan bandeng terbentuk dari lapisan semacam lilin, berbentuk segitiga terletak dibelakang insang disamping perut. Sirip punggung pada ikan bandeng

terbentuk dari kulit yang berlapis dan licin, terletak jauh dibelakang tutup insang dan berbentuk segiempat. Sirip punggung tersusun dari tulang sebanyak 14 batang. Sirip ini terletak persis pada puncak punggung dan berfungsi untuk mengendalikan diri ketika berenang. Sirip perut terletak pada bagian bawah tubuh dan sirip anus terletak dibagian depan anus. Dibagian paling belakang tubuh ikan bandeng terdapat sirip ekor berukuran paling besar dibandingkan sirip - sirip lain. Semakin ke pangkal ekor semakin lebar dan membentuk sebuah gunting terbuka (Purnomowati *et al.*, 2007).

2.1.2 Habitat dan Penyebaran

Ikan bandeng merupakan jenis ikan laut yang daerah penyebarannya meliputi daerah tropika dan sub tropika (Pantai Timur Afrika, Laut Merah sampai Taiwan, Malaysia, Indonesia dan Australia). Penyebaran ikan bandeng di Indonesia meliputi sepanjang pantai utara Pulau Jawa, Madura, Bali, Nusa Tenggara, Aceh, Sumatra Selatan, Lampung, Pantai Timur Kalimantan, sepanjang pantai Sulawesi dan Irian Jaya (Purnomowati *et al.*, 2007).

Ikan Bandeng di Indonesia sudah lama dikenal sebagai ikan yang banyak dipelihara di tambak. Pemeliharaannya tersebar hampir di seluruh pulau besar di tanah air, seperti Jawa, Sumatera, Kalimantan, atau Sulawesi. Selain di Indonesia, ikan bandeng juga banyak dipelihara di Filipina dan Taiwan. Sebenarnya, ikan bandeng memang merupakan jenis ikan air payau. Namun, saat ini ikan bandeng sudah mulai banyak dibudidayakan di kolam air tawar atau karamba apung air tawar (Cahyo, 2007).

Ikan bandeng (*Chanos chanos*) tersebar luas mulai dari pantai Afrika Timur sampai ke Kepulauan Tremotu dan dari Jepang Selatan sampai Australia Utara. Tempat berkembang biak ikan bandeng terdapat disekitar Pulau Salomo (termasuk kepulauan Spirmonde). Tetapi tempat berkembang biak utamanya diduga terdapat didaerah timur pulau Madura dan pulau Kangean sepanjang musim dapat dilakukan penangkapan nener (Schurster, 1969).

2.2 Pencemaran Air

Kerusakan ekosistem dapat disebabkan oleh adanya limbah dan pengeboran. Banyaknya pabrik atau industri bahkan yang membuang limbah industrinya ke wilayah perairan seperti sungai tanpa pengolahan atau penanganan limbah terlebih dahulu dapat menimbulkan pencemaran. Pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi, dan atau komponen lain ke dalam air atau berubahnya tatanan (komposisi) air oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas air menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Kristanto, 2002).

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

Salah satu pencemaran pada perairan adalah masuknya logam berat ke dalam perairan dapat menurunkan potensi sumberdaya hayati. Biota air yang hidup di lingkungan yang tercemar dapat mengakumulasi logam berat tersebut dalam jaringan tubuhnya (Prabowo, 2005). Penyebab utama logam berat menjadi salah satu bahan pencemar yang berbahaya adalah karena logam berat tersebut tidak dapat dihancurkan oleh organisme yang hidup di lingkungan tersebut dan logam berat juga terakumulasi ke dalam lingkungan yakni dengan mengendap di dasar perairan dan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik secara adsorpsi. Beberapa logam berat yang cukup berbahaya bagi organisme dan lingkungan diantaranya meliputi Kadmium (Cd) dan plumbum (Pb) (Rochyatun *et al.*, 2007).

2.3 Karakteristik Logam Berat

2.3.1 Logam Berat Cd

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

Menurut Palar (2004), Cd merupakan salah satu logam berat yang bersifat racun dan merugikan bagi semua organisme hidup, bahkan juga berbahaya untuk manusia. Dalam badan perairan, kelarutan Cd dalam konsentrasi tertentu dapat membunuh biota perairan. Biota-biota yang tergolong bangsa udang-udangan (crustacea) akan mengalami kematian dalam selang waktu 24 - 504 jam bila didalam badan perairan dimana biota tersebut hidup terlarut logam atau persenyawaan Cd pada rentang konsentrasi antara 0.005-0.15 ppm bila ditemukan didalam badan perairan dimana biota tersebut hidup terlarut Cd atau persenyawaan Cd dalam rentang konsentrasi antara 0.003 - 18 ppm.

2.3.2 Logam Berat Pb

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat beracun dan berbahaya yang banyak ditemukan sebagai pencemar dan cenderung mengganggu kelangsungan hidup organisme perairan. Adanya timbal (Pb) yang masuk ke dalam ekosistem dapat menjadi sumber pencemar dan dapat mempengaruhi biota perairan seperti mematikan ikan terutama pada fase juvenil karena toksisitas yang tinggi. Timbal (Pb) yang masuk ke

dalam perairan dapat berasal dari limbah buangan industri kimia, percetakan, industri yang menghasilkan logam dan bahkan dari luapan lumpur lapindo (Yulaipi dan Aunurohim, 2013).

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).

Menurut Ulfin (2001), akumulasi logam berat sebagai logam beracun pada suatu perairan merupakan akibat dari muara aliran sungai yang mengandung limbah. Meskipun kadar logam dalam aliran sungai itu relatif kecil akan tetapi sangat mudah diserap dan terakumulasi secara biologis oleh tanaman atau hewan air dan akan terlibat dalam sistem jaring makanan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya proses bioakumulasi, yaitu logam berat akan terkumpul dan meningkat kadarnya dalam tubuh organisme air yang hidup, termasuk ikan bandeng, kemudian melalui biotransformasi akan terjadi pemindahan dan peningkatan kadar logam berat tersebut secara tidak langsung melalui rantai makanan.

2.4 Dampak Logam Berat Terhadap Organisme Perairan

Pencemaran logam berat pada dasarnya terjadi dengan tidak sendirinya, namun terbawa oleh air, udara maupun dari aktivitas manusia. Apabila air telah tercemar oleh komponen-komponen anorganik, maka didalamnya mengandung berbagai logam berat yang berbahaya. Pencemar logam berat merupakan pencemar yang paling berbahaya, walaupun jumlahnya kecil namun mempunyai tingkat keracunan tinggi karena sifatnya yang tidak terdegradasi dalam lingkungan dan mudah terakumulasi dalam jaringan tubuh makhluk hidup terutama pada ikan, meskipun ada beberapa logam berat yang diperlukan dalam jumlah yang kecil (Sunu, 2001).

Menurut Purwanti (1995) *dalam* Bangun (2005), hal ini dapat terjadi karena logam berat yang masuk ke dalam hati ikan akan menyebabkan gangguan fisiologis, sehingga ikan berusaha mengeluarkannya sebagai bagian dari proses dektoksifikasi, salah satu mekanisme dektoksifikasi adalah mengubah zat menjadi bentuk senyawa yang mudah dikeluarkan dari dalam tubuh.

Adanya zat toksik dalam hati maka dapat mengganggu kerja enzim-enzim biologis serta mempengaruhi struktur histologi hati. Toksikan mampu berikatan dengan enzim, ikatan tersebut terbentuk karena logam berat (khususnya) memiliki kemampuan untuk menggantikan gugusan logam yang berfungsi sebagai ko-faktor enzim (Palar, 2004). Logam berat yang masuk ke dalam tubuh akan mengalami dektoksifikasi didalam hati oleh fungsi hepar (hati).

2.5 Pengamatan Histopatologi

Menurut Banks (1986) *dalam* Khaisar (2006), histologi merupakan cabang ilmu biologi anatomi yang mempelajari tentang susunan struktur sel-sel yang memiliki fungsi fisiologi yang sama tersusun menjadi satu jaringan yang kompleks. Saat terjadi perubahan dalam struktur sel akibat terkena penyakit, bakteri, adanya substansi berbahaya seperti logam berat, maupun karena terjadinya perubahan faktor fisika (suhu) dan kimia (salinitas, pH atau DO) lingkungan.

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

2.6 Hati

2.6.1 Pengertian Hati

Hati merupakan organ penting yang menekskresikan bahan untuk proses pencernaan. Menurut Affandi dan Tang (2002), organ ini umumnya merupakan suatu kelenjar yang kompak, berwarna merah kecoklatan. Hati merupakan organ yang sangat rentan terhadap pengaruh zat kimia dan menjadi organ sasaran utama dari efek racun zat kimia (toksikan).

Hati merupakan organ terbesar pada tubuh ikan yang terletak dibagian sisi perut dalam rongga *peritoneal* dan melingkupi *viscera*. Hati memiliki bentuk seperti huruf U dan berwarna merah kecoklatan. Struktur utama hati adalah sel hati atau hepatosit. Hepatosit (sel parenkim hati) berperan utama dalam metabolisme. Sel-sel ini terletak sinusoid yang berisi darah dan saluran empedu. Sel kupffer merupakan monosit atau makrofag dan memiliki fungsi utama menelan bakteri dan benda asing dalam darah. Sehingga hati merupakan salah satu organ utama pertahanan agen toksik (Damayanti, 2010).

2.6.2 Fungsi Hati

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 mendektoksifikasi toksik lagi), sehingga metabolisme dalam hati akan menurun. Apabila metabolisme terganggu, maka proses dektoksifikasi menjadi kurang efektif dan menyebabkan senyawa metabolit bereaksi dengan unsur sel sehingga memicu kematian sel.

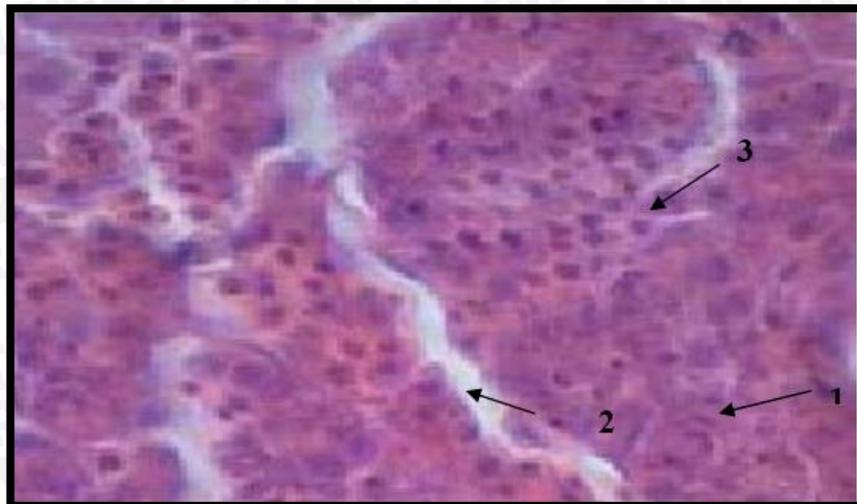
Fungsi lain dari hati yaitu pembentukan dan ekskresi empedu, metabolisme gram empedu, metabolisme karbohidrat (glikogenesis, glikogenolisis dan glukoneogenesis), sintesis protein, metabolisme dan penyimpanan lemak (Damayanti, 2010).

2.7 Struktur Jaringan Hati

2.7.1 Histologi

Menurut Khaisar (2006), histologi merupakan cabang ilmu biologi anatomi yang mempelajari tentang susunan struktur sel-sel yang memiliki fungsi fisiologi yang sama tersusun menjadi satu jaringan yang kompleks. Saat terjadi perubahan dalam struktur sel akibat terkena penyakit, bakteri, adanya substansi berbahaya seperti logam berat, maupun karena terjadinya perubahan faktor fisika (suhu) dan kimia (salinitas, pH atau DO) lingkungan. Analisa histologi dapat menjadi parameter yang sangat sensitif dan menjadi sangat penting didalam menentukan perubahan struktur sel yang terjadi di organ dalam seperti ginjal, hati, dan gonad.

Penelitian mengenai histopatologi hati ikan bandeng (*Chanos chanos*) ini pernah dilakukan oleh Hidayati *et al.* (2009), dengan adanya zat toksik maka dapat mempengaruhi struktur histologi hati sehingga dapat mengakibatkan patologis hati seperti pembengkakan sel, rangkaian nekrosis atau *bridging necrosis*, degenerasi intralobular dan fokal nekrosis, fibrosis, dan cirrhosis. Kondisi histologi hati ikan bandeng normal dapat disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi histologi hati ikan bandeng normal (1) Hepatosit, (2) Sinusoid, dan (3) Vena Sentralis (Alifia dan Djawad, 2000).

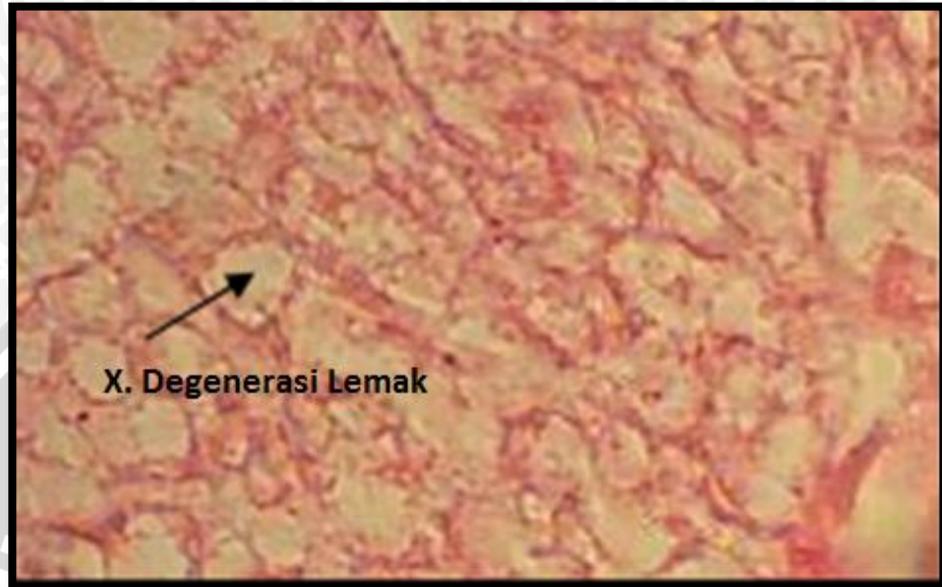
2.7.2 Histopatologi

Menurut Wikipedia (2006), histopatologi adalah cabang biologi yang mempelajari kondisi dan fungsi jaringan dalam hubungannya dengan penyakit. Histopatologi sangat penting dalam kaitan dengan diagnosis penyakit karena salah satu pertimbangan dalam penegakan diagnosis adalah melalui hasil pengamatan terhadap jaringan yang diduga terganggu.

Menurut Alifia dan Djawad, (2000), 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 dan sebagainya. Hasil pencemaran yang paling berbahaya untuk ikan adalah logam berat diatas ambang batas pada perairan. Adanya logam berat di perairan akan secara langsung mempengaruhi kesehatan ikan.

Penelitian mengenai histopatologi hati ini sebelumnya pernah dilakukan oleh Hidayati *et al.* (2009) dengan uji skala laboratorium menggunakan ikan bandeng (*Chanos chanos*) hasil menunjukkan ikan bandeng (*Chanos chanos*) mengalami gejala histopatologis berupa pembengkakan sel, kehilangan integritas pembuluh darah kapiler (sinusoid) yang merupakan percabangan dari vena porta dan arteri hepatica dan nekrosis. Oleh karena itulah, organ hati sangat rentan terhadap pengaruh kontaminan.

Kondisi histopatologi hati ikan bandeng degenerasi lemak dapat disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kondisi histologi hati ikan Bandeng vena sentralis kosong (X.Degenerasi lemak) (Alifia dan Djawad, 2000).

2.8 Kualitas Air

2.8.1 Suhu

Menurut Hutabarat dan Evans (1985), Suhu dapat menjadi faktor penentu atau pengendali kehidupan flora dan fauna akuatis, terutama suhu didalam air yang telah melampaui ambang batas (terlalu hangat atau terlalu dingin). Jenis, jumlah, dan keberadaan flora dan fauna akuatis seringkali berubah dengan adanya perubahan suhu air, terutama oleh adanya kenaikan suhu dalam air. Siklus temperatur untuk kehidupan organisme perairan berkisar 26° - 31° C.

Menurut Kim dan Ho (1970) dalam Mubarak *et al.* (1990), kisaran suhu 26 - $31,6^{\circ}$ C merupakan kisaran optimum bagi ikan karena pada kisaran suhu tersebut metabolisme ikan dapat berlangsung dengan baik sehingga pertumbuhan ikan berlangsung dengan baik pula. Hal ini juga didukung oleh pendapat Mulyanto (1992), bahwa suhu 20 - 29° C dapat mendukung pertumbuhan ikan bandeng.

2.8.2 pH

Menurut Widiastuti (1983), nilai pH menunjukkan banyaknya konsentrasi ion hidrogen (H^+) didalam tanah. Makin tinggi kadar ion H^+ didalam tanah, semakin masam tanah tersebut. Pada tanah yang alkalis kandungan OH^- lebih banyak dari pada H^+ . Bila kandungan H^+ dan OH^- sama, maka bersifat netral. pH diluar ambang batas dapat menyebabkan menurunnya daya tahan terhadap stress. Kisaran pH substrat yang layak bagi kehidupan organisme perairan berkisar antara 6,6 sampai 8,5.

pH merupakan faktor pembatas yang mempengaruhi dan menentukan kecepatan reaksi metabolisme dalam konsumsi pakan. Jika nilai pH air rendah dapat menyebabkan terjadinya penggumpalan lendir pada insang dan ikan akan mati lemas sehingga energi untuk mempertahankan tubuh daripada untuk pertumbuhan). Kondisi ini sangat mendukung karena pH 7,0 sampai 8,0 merupakan pH optimal untuk ikan bandeng (Reksono *et al.*, 2012).

2.8.3 Oksigen Terlarut (DO)

Kandungan gas oksigen dalam air merupakan salah satu penentu karakteristik kualitas air yang terpenting dalam kehidupan akuatis. Konsentrasi oksigen dalam air mewakili status kualitas air pada tempat dan waktu tertentu (saat pengambilan sampel air). Keberadaan dan besar kecilnya muatan oksigen didalam air dapat dijadikan indikator ada atau tidaknya pencemaran disuatu perairan (Asdak, 2004).

Menurut Ismail *et al.* (1998), ukuran partikel yang sangat halus disertai dengan sudut dasar sedimen yang datar menyebabkan air didalam sedimen tidak mengalir keluar dan tertahan didalam substrat. Hal ini akan menghasilkan penurunan kadar oksigen. Semakin tinggi sedimentasi maka semakin berkurang kandungan oksigen terlarut. Konsentrasi oksigen terlarut berubah - ubah dalam siklus harian, pada waktu fajar, konsentrasi oksigen terlarut rendah dan akan semakin tinggi pada siang hari yang disebabkan oleh fotosintesis. Kandungan oksigen optimum untuk budidaya ikan ikan bandeng adalah 3,0 - 8,0.

2.8.4 Salinitas

Menurut Ahmad dan Yakob (1998), ikan bandeng adalah komoditas yang tahan terhadap perubahan mutu lingkungan dan diharapkan dapat mempertahankan produktivitas lahan tambak. Perkembangan teknologi budidaya bandeng berjalan sangat lambat, bandeng tetap menjadi komoditas budidaya yang paling banyak diproduksi dan dikonsumsi di Indonesia. Ikan bandeng dapat tumbuh dengan baik pada salinitas 5-40 ppt bahkan dapat mentolerir sampai 60 ppt (Reksono *et al.*, 2012) .

Menurut Mayunar (2002), Ikan bandeng merupakan salah satu komoditas yang memiliki keunggulan komparatif dan strategis dibandingkan komoditas perikanan lainnya karena teknologi pembesaran dan pembenihannya telah dikuasai dan berkembang dimasyarakat, persyaratan hidupnya tidak memerlukan kriteria kelayakan yang tinggi karena toleran terhadap perubahan mutu lingkungan dan merupakan sumber protein ikan yang potensial bagi pemenuhan gizi. Bahkan Cholik *et al.* (2005), menyatakan pendapatnya bahwa ikan bandeng dapat bertahan hidup dalam kisaran salinitas antara 8 – 105 ppt.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

3.1.1 Alat

Alat - alat (Lampiran 1) yang digunakan dalam penelitian ini adalah, *coolbox*, section set, botol film, pH meter, DO meter, termometer dan salinometer.

3.1.2 Bahan

Bahan – bahan (Lampiran 2) yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah larutan Davidson, es batu, sampel air, sampel sedimen, kertas label dan sampel hati ikan bandeng.

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif, dimana menurut Sugiyono (2006), penelitian deskriptif adalah sebuah penelitian yang bertujuan untuk memberikan atau menjabarkan suatu keadaan atau fenomena yang terjadi saat ini dengan menggunakan prosedur ilmiah untuk menjawab masalah secara aktual. Sedangkan menurut Nazir (2005), pengertian deskriptif adalah suatu metode dalam meneliti status sekelompok manusia, suatu objek, suatu set kondisi, suatu sistem pemikiran, ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Pengambilan Sampel Air

Sampel air diambil secara langsung dari petak tambak bandeng kemudian ditempatkan pada botol air mineral 1,5 L. Air yang diambil dari petakan tambak Candisari 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-parameter yang diamati disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter fisika dan kimia perairan yang diukur

Parameter	Satuan	Alat	Metode
Fisika			
1. Suhu	°C	Termometer	Pemuaian
2. Salinitas	g/kg	Salinometer	Salinometrik
Kimia			
1. pH		pH meter	Elektrometri
2. Oksigen terlarut	mg/L	DO meter	Elektrometri
3. Timbal (Pb)	mg/L	AAS	AAS
4. Kadmium (Cd)	mg/L	AAS	AAS

3.3.2 Pengambilan Sampel Ikan

Pengambilan sampel ikan bandeng dilakukan dengan menggunakan jaring. Sampel yang diambil adalah ikan bandeng dengan lama pemeliharaan yang berbeda, yakni ikan bandeng yang dipelihara selama 1 bulan, 2 bulan, dan 3 bulan. Sampel ikan bandeng tersebut diletakan pada *coolbox* yang berisi es batu untuk kemudian dibawa ke laboratorium dan diambil hatinya.

3.3.3 Pembuatan Histopatologi Hati

Pengambilan organ ikan bandeng dilakukan dengan cara membedah ikan dengan menggunakan gunting. Pengguntingan dilakukan dari anus sampai tutup insang. Setelah itu dilakukan pengambilan hati ikan bandeng dengan menggunakan bantuan pinset kemudian dimasukkan ke dalam botol film dan diberi larutan fiksasi yaitu larutan Davidson dan dilanjutkan dengan pembuatan preparat untuk histopatologi dan pengamatan preparat hasil histopatologi. Tahapan pembuatan preparat histologi (Setiawan, 2009) adalah sebagai berikut:

a. Tahap Fiksasi

Sampel hati ikan bandeng yang akan diamati jaringannya difiksasi dengan larutan buffer yaitu formalin 10% selama 24 jam. Agar fiksasi jaringan dengan larutan

tersebut berlangsung sempurna, maka perbandingan antara organ dan larutan yaitu 1 : 10, sedangkan lamanya fiksasi minimal 2 hari.

b. Tahap Dehidrasi

Tahap dehidrasi dilakukan dengan penarikan air secara bertahap menggunakan alat auto tecnicon selama 20 jam. Tabung auto tecnicon terdiri atas Alkohol 70% selama 1 jam, Alkohol 80% selama 1 jam, Alkohol 90% selama 2 jam, Alkohol Absolut I selama 2 jam dan Alkohol Absolut II selama 2 jam.

c. Tahap Clearing

Tahap *clearing* bertujuan untuk mentransparankan serta menggantikan larutan alkohol dari jaringan, yaitu dengan mencelupkan sampel ke dalam larutan alkohol : xylol 1(1:1) selama 30 menit, kemudian xylol I dan xylol II masing – masing selama 30 menit.

d. Tahap Impregnasi

Tahap impregnasi bertujuan untuk menyamakan keadaan jaringan dengan bahan pengeblokan dengan (*embedding*). Dilakukan dengan mencelupkan bahan campuran xylol : paraffin 3:1 ; 1:1 dan 1:3 masing-masing selama 30 menit, dilanjutkan dengan paraffin murni sebanyak 2x60 menit. Seluruh rangkaian dilakukan dalam incubator pada suhu 58-60⁰ C.

e. Tahap Embeding

Parafin dicairkan didalam inkubator pada suhu 60⁰C. Cetakan berukuran 2x2x2 cm diisi dengan paraffin cair, bagian bawah cetakan didinginkan diatas balok es sehingga paraffin pada dasar cetakan agak memadat. Cetakan paraffin selanjutnya dibiarkan dalam suhu ruang agar parafinnya memadat.

f. Tahap Sectioning

Water bath disiapkan dengan suhu 40-50⁰C dan disiapkan wadah berisi air dingin. Kemudian blok yang diinginkan dipasang dimikrotom yang sudah diatur pada ketebalan 4-7 μ m, putaran mikrotom dibuat konstan sampai blok yang berisi sampel teriris. Setelah itu irisan dipindahkan ke dalam baskom yang berisi air dingin, kemudian

ditempelkan pada gelas obyek (untuk persiapan pewarnaan HE) yang sudah dilapisi perekat polyisin. Selanjutnya dicelupkan ke dalam air hangat dalam *water bath* agar irisan mengembang, kemudian sampel dikeringkan pada oven dengan suhu 50-60° C kurang lebih selama 30 menit.

g. Teknik Pewarnaan dengan Menggunakan He

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

- Deparafinisasi : Hasil sayatan jaringan dimasukkan berturut-turut ke dalam xylol 1 selama 5 menit, xylol 2 selama 5 menit dan xylol 3 selama 5 menit.
- Hidrasi : Hasil sayatan dimasukkan berturut-turut ke dalam alkohol absolute selama 4 menit, alkohol 96% selama 3 menit, alkohol 90% selama 3 menit, alkohol 80% selama 2 menit, alkohol 70% selama 2 menit, terakhir sampel dimasukkan ke dalam air mengalir selama 10 menit.
- Cat utama : Pewarna hematoksilin ditambahkan selama 5 menit dan eosin 1% selama 3-5 menit.
- Dehidrasi : Hasil sayatan jaringan dimasukkan 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 : Hasil sayatan jaringan dimasukkan ke dalam xylol n 1 selama 5 menit, xylol 2 selama 5 menit dan xylol 3 selama 5 menit.

h. Teknik Mounting

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

3.4 Analisis Data

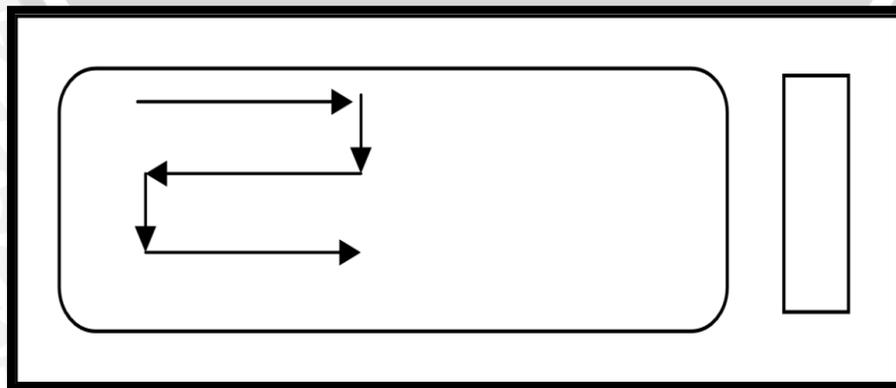
Penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Dengan menggunakan AAS dapat diketahui hasil pencemaran logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) di Perairan Kalanganyar Kecamatan Sedati Sidoarjo. Disamping itu, membandingkannya dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran (baku mutu air kelas II) sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Baku Mutu Air Kelas II.

Logam Berat	Satuan	Baku Mutu
Kadmium (Cd)	ppm	0,01
Timbal (Pb)	ppm	0,03

Sumber : Widiyanti (2005).

Untuk mengetahui tingkat kerusakan hati ikan bandeng pada tambak budidaya yang tercemar limbah Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) maka dilakukan analisis statistik skoring dengan metode kuantitatif yakni menganalisa nilai skoring dengan menghitung persentase kerusakan pada hati ikan bandeng. Cara menghitung jumlah area yang terwarnai dilakukan secara manual dengan menghitung persentasenya. Pembacaan dimulai dari tepi kiri (sesuai dengan posisi ekor preparat) ke arah kepala kemudian turun ke bawah dan bergeser kembali ke arah ekor kembali (gerak zig zag) disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur skoring (Siswandari, 2005).

Menurut Pantung *et al.* (2008), metode skoring (semikuantitatif) perubahan histopatologis. Untuk melihat kerusakan jaringan pada tiap filamen dilakukan perbesaran sampai 400x. Kemudian dibagi menjadi beberapa luasan bidang pandang dimana pada satu bidang pandang dihitung persentase tingkat kerusakan jaringan hati tergantung pada tingkat dan luasan perubahan. Nilai skoring disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Persentase Nilai Skoring (Pantung *et al.*, 2008).

Nilai Skoring	Persentase Kerusakan (%)	Keterangan
0	0	Tidak terdapat kerusakan
1	1 – 25	Sedikit
2	26 – 50	Sedang
3	51 – 75	Banyak
4	76 – 100	Sangat Banyak

Setelah diperoleh nilai skoring, kemudian dihitung frekuensi kejadian patologi hati ikan bandeng menggunakan rumus jumlah sel hati yang menunjukkan gejala patologis dibagi jumlah sel hati yang diamati dan dikalikan 100% (Widiyanti *et al.*, 2005). Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan regresi dengan 2 variabel yang terdiri dari Y adalah variabel terikat yaitu variabel yang dipengaruhi, dan X variabel bebas yaitu variabel yang mempengaruhi, dengan persamaan sebagai berikut

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

Dimana:

Y= Nilai skoring kerusakan hati

X= Lama pemeliharaan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel berada di tambak Candisari dan sungai Gedangan di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur (Lampiran 3). 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 1041 jiwa/km². Desa/kelurahan yang berada di Kecamatan Sedati meliputi: Sedatigede, Sedatiagung, Betro, Kwangsan, Pepe, Buncitan, Kalanganyar, Tambakcemandi, Gisikcemandi, Cemandi, Pulungan, Semampir, Pranti, Banjarkemuning, Segorotambak, dan Pabean.

Desa Kalanganyar memiliki luas 135.000 m² dengan jumlah penduduk 8.450 jiwa. Desa Kalanganyar ini merupakan lokasi tempat pengambilan sampel penelitian yaitu di tambak Candisari dengan luas tambak keseluruhan kurang lebih 10 Ha. Ikan yang dibudidaya yaitu ikan bandeng (*Chanos chanos*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Semakin padatnya pemukiman dan pabrik – pabrik disekitar tambak mengakibatkan adanya limbah industri dari limbah buangan pabrik dan limbah rumah tangga dari pemukiman sekitar. Namun hal itu tidak menjadi kendala, desa Kalanganyar tetap penghasil komoditi bandeng dan juga penghasil terasi, krupuk dan olahan ikan bandeng. Kalanganyar merupakan desa yang agamis, religius dan saat ini tumbuh

dalam rangka tahap membangun. Baik sektor pendidikan, perdagangan, kesehatan dan sektor infrastruktur pariwisata pemancingan yang mana hal itu telah berkembang pesat dan sudah terkenal diseluruh wilayah kabupaten Sidoarjo.

4.2 Hasil Kandungan Logam Berat dalam Air

Logam berat yang masuk ke badan perairan dari berbagai macam kegiatan, baik secara langsung menggunakan logam berat dalam kegiatannya maupun hasil sampingan dari aktivitas yang sangat berbeda-beda. Masuknya bahan pencemar berupa kandungan logam berat sangat merugikan bagi kehidupan. Berdasarkan dampak yang ditimbulkan dari pencemaran logam berat terutama dibadan perairan, maka sangat diperlukan kisaran konsentrasi atau nilai ambang batas dari konsentrasi logam berat yang direkomendasikan untuk masuk dan berada di lingkungan perairan.

Pada pengujian kandungan logam Cd pada air tambak dan air sungai didapatkan hasil yang sama yaitu $<0,0024$ mg/l, sedangkan pada pengujian logam Pb juga didapatkan hasil yang sama pula sebesar $<0,0044$ mg/l. Hasil analisis kandungan logam berat Cd dan Pb dalam air tambak dan air sungai secara jelas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis kandungan logam berat dalam air Cd dan Pb

sampel	Jenis berat	Jenis Logam Hasil	Baku mutu
Air tambak	Cd (mg/l)	$< 0,0024$	(0,03 mg/l) *
	Pb (mg/l)	$< 0,0044$	(0,01 mg/l) *
Air sungai	Cd (mg/l)	$< 0,0024$	(0,008 mg/l) **
	Pb (mg/l)	$< 0,0044$	(0,001 mg/l) **

Keterangan:

* Kriteria baku mutu kelas II PP No. 82 Tahun 2001.

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

Dari penelitian ini terlihat bahwa kandungan Cd dan Pb pada air tambak dan air sungai menunjukkan kandungan logam yang relatif sama tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Secara umum jika dibandingkan dengan nilai ambang batas berdasarkan baku mutu kelas II PP No. 82 Tahun 2001, menunjukkan kadar logam Cd dan Pb dalam air tambak dan air sungai masih dibawah ambang batas nilai Cd yakni sebesar $<0,0024$ mg/l dan nilai Pb sebesar $<0,0044$ mg/l. Sedangkan jika dibandingkan berdasarkan Kep.

Men. LH No.51 Tahun. 2004 Baku Mutu Air Laut, untuk Biota Laut hasil ini menunjukkan bahwa Cd dan Pb telah melebihi ambang yaitu Kadmium (Cd) sebesar 0,001 ppm dan Timbal (Pb) sebesar 0,008 ppm.

Berdasarkan data dari hasil pengamatan diatas menunjukkan kandungan logam berat Cd dan Pb memiliki nilai yang relatif rendah. Itu dikarenakan pada saat pengambilan air tambak maupun air sungai 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 mengakibatkan rendahnya kadar logam berat di perairan. Menurut Said *et al.*, (2009), tinggi rendahnya konsentrasi logam berat di perairan disebabkan oleh banyaknya jumlah masukan logam berat ke perairan dan semakin besar limbah masuk ke dalam suatu perairan, semakin besar konsentrasi logam berat di perairan, sedangkan menurut Darmono (2001), logam berat biasanya ditemukan sangat sedikit dalam air secara alamiah, yaitu kurang dari 1 µg/l.

4.3 Kandungan Logam Berat dalam Sedimen

Hasil pengamatan kandungan logam berat Cd didalam sedimen tambak maupun sungai yaitu sebesar 1,079 ppm dan hasil sedimen Cd ini melebihi ambang batas berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, sedangkan hasil pengamatan terhadap kandungan logam Pb didalam sedimen tambak maupun sungai diperoleh nilai yang tidak terdeteksi (tt). Ini menunjukkan bahwa kandungan logam Pb di sedimen pada saat pengambilan contoh masih berada dibawah batas deteksi *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Hasil analisis kandungan logam berat Cd dalam sedimen tambak dan sungai secara jelas disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil analisis kandungan logam berat dalam sedimen Cd dan Pb

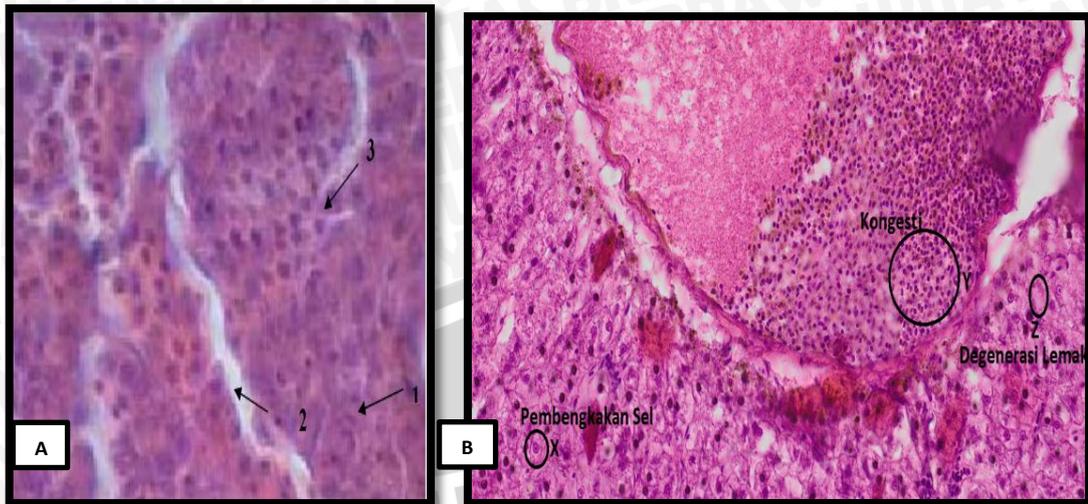
sampel	Jenis berat	Jenis Logam Hasil	Baku mutu
Sedimen tambak dan sedimen sungai	Cd (mg/l)	1,079	0,03
	Pb (mg/l)	tt *	0,01

Keterangan : * tidak terdeteksi

Keberadaan logam berat di perairan tambak baik dalam badan air maupun dalam sedimen akan berpengaruh pada organisme yang hidup di lingkungan tersebut. Menurut Erlangga (2007), proses pengendapan bahan pencemar di dasar perairan akan memberikan dampak terakumulasinya bahan pencemar dalam tubuh organisme melalui rantai makanan. Logam berat dalam air dan sedimen mudah terserap dan tertimbun dalam fitoplankton atau tumbuhan air yang merupakan titik awal dari rantai makanan, selanjutnya melalui rantai makanan sampai ke organisme lainnya (Purnomo dan Muchyiddin, 2007). Salah satu rantai makanan ikan bandeng yaitu klekap, yang dimana klekap tersebut merupakan pakan alami bagi ikan bandeng yang dibudidayakan di tambak karena ikan bandeng merupakan jenis ikan pemakan tumbuhan atau herbivora. Hal ini dikarenakan klekap yang tumbuh di dasar perairan serta mengakumulasi logam berat yang berada di perairan dasar maupun sedimen tambak.

4.4 Hasil Pengamatan Histopatologi Hati

Berdasarkan pengamatan diperoleh hasil bahwa kerusakan yang terjadi pada hati ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang dibudidaya pada tambak yang tercemar limbah adalah pembengkakan sel, kongesti dan degenerasi lemak, seperti pada Gambar 5.

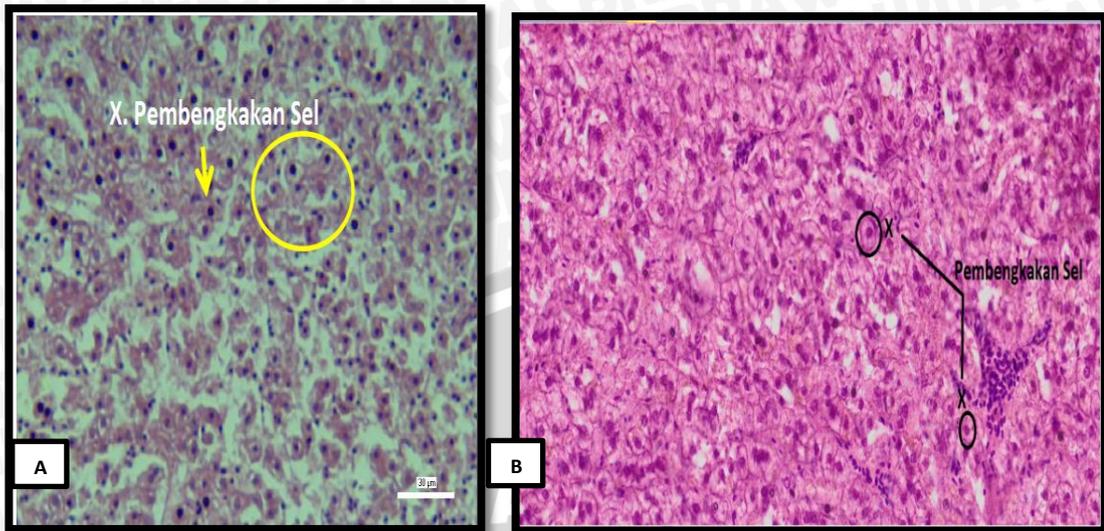


Gambar 5. (A) Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng Normal, (1) Hepatosit, (2) Sinusoid, dan (3) Vena Sentralis dengan pembesaran 400x (Alifia dan Djawad, 2000) dan (B) Potongan Melintang Hati yang mengalami kerusakan dengan menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan pembesaran 400x dan pewarnaan H-E, (X) Pembengkakan sel (Y), Kongesti (Z), dan Degenerasi lemak (Hasil pengamatan).

Gambar 5A diatas menunjukkan bahwa hati normal (Alifia dan Djawad, 2000) memiliki struktur yang teratur dan sel - sel terlihat jelas, sedangkan hati yang mengalami kerusakan (Gambar 5B) memiliki struktur yang tidak teratur dan sel - sel terlihat lebih menggerombol.

4.4.1 Pembengkakan Sel

Terjadinya kongesti pada sel hati didahului dengan pembengkakan sel. Pembengkakan sel adalah bertambahnya ukuran sel akibat penimbunan air dalam sel, dimana sel hati membesar yang mengakibatkan sinusoid menyempit sehingga aliran darah terganggu. Hal ini sesuai pernyataan Brown *et al.* (2003), yang menyatakan efek histopatologi logam berat dapat mengakibatkan pembengkakan sel. Untuk lebih jelasnya perbedaan antara struktur hati mengalami kerusakan (Alifia dan Djawad, 2000) dan struktur sel hati yang mengalami pembengkakan sel disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. (A) Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng mengalami pembengkakan sel dengan pembesaran 400x (Alifia dan Djawad, 2000) dan (B) Potongan Melintang Hati yang mengalami pembengkakan sel (X) dengan menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan pembesaran 400x dan pewarnaan H-E (Hasil pengamatan).

Gambar 6A menunjukkan bahwa hati ikan bandeng yang mengalami pembengkakan sel (Alifia dan Djawad, 2000) tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan hasil pengamatan hati yang mengalami pembengkakan sel (Gambar 6B) memiliki ukuran sel yang bertambah akibat penimbunan air dalam sel, dimana sel hati membesar yang mengakibatkan sinusoid menyempit.

Sebelum data diolah menggunakan regresi, data skoring dikumpulkan berdasarkan usia ikan dan tingkat kerusakan hati dan setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan (Lampiran 4). Berdasarkan penelitian dilakukan didapatkan data rata - rata nilai skoring pembengkakan sel dari kerusakan hati yang terjadi yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data rata-rata nilai skoring

Lama Pemeliharaan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
1	1,66	1	1,33	3,99	1,33
2	1,66	1,66	1,66	4,98	1,66
3	2	1,33	1,66	4,99	1,66

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui, semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah, maka semakin tinggi nilai kerusakan yang terjadi. Pada lama

pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai kerusakan yang paling tinggi yakni 2. Kemudian diikuti dengan lama pemeliharaan 2 bulan 1,66 dan yang paling rendah adalah lama pemeliharaan 1 bulan yakni 1.

Semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah maka semakin besar nilai kerusakan yang terjadi pada hati ikan. Hal ini diduga karena semakin lama ikan bandeng hidup pada media yang tercemar maka akan semakin banyak pula logam berat yang terakumulasi ke dalam tubuh organisme tersebut sehingga menyebabkan kerusakan pada hati. Menurut Nabib dan Pasaribu (1989), pembengkakan sel dapat terjadi oleh infeksi, keracunan, suhu yang terlalu rendah atau tinggi, kekurangan zat gizi dan gangguan sirkulasi, sedangkan menurut Darmono (2001), pembengkakan sel merupakan tingkat kerusakan hati tingkat ringan.

Menurut Anderson (1995), mekanisme pembengkakan sel berawal dari sel melakukan kestabilan lingkungan eksternal dengan cara mengeluarkan energi metabolik untuk memompa ion natrium keluar dari sel. Terakumulasinya bahan beracun logam berat di dalam sel hati menyebabkan terganggunya proses metabolisme sehingga sel tidak mampu memompa ion natrium keluar cukup banyak, akibatnya konsentrasi ion natrium di dalam sel lebih tinggi dan air dapat masuk ke dalam sel. Masuknya air berlebih ke dalam sel menyebabkan terjadinya pembengkakan sel, sehingga ukuran bertambah yang mengakibatkan sinusoid menyempit. Sinusoid merupakan suatu rongga yang terdapat pada jaringan hati yang memungkinkan terjadinya pertukaran nutrisi dan zat lainnya antara darah dan hepatosit. Apabila sinusoid menyempit akibat pembengkakan sel, maka darah akan terbendung di dalam jaringan hati sehingga proses pertukaran nutrisi maupun zat lain antara darah dan hepatosit terganggu.

Perbedaan lama pemeliharaan ikan bandeng pada tambak yang tercemar limbah memberikan pengaruh terhadap nilai skoring kerusakan. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan dapat diketahui dari analisa keragaman pada Tabel 7.

Tabel 7. Analisa Keragaman

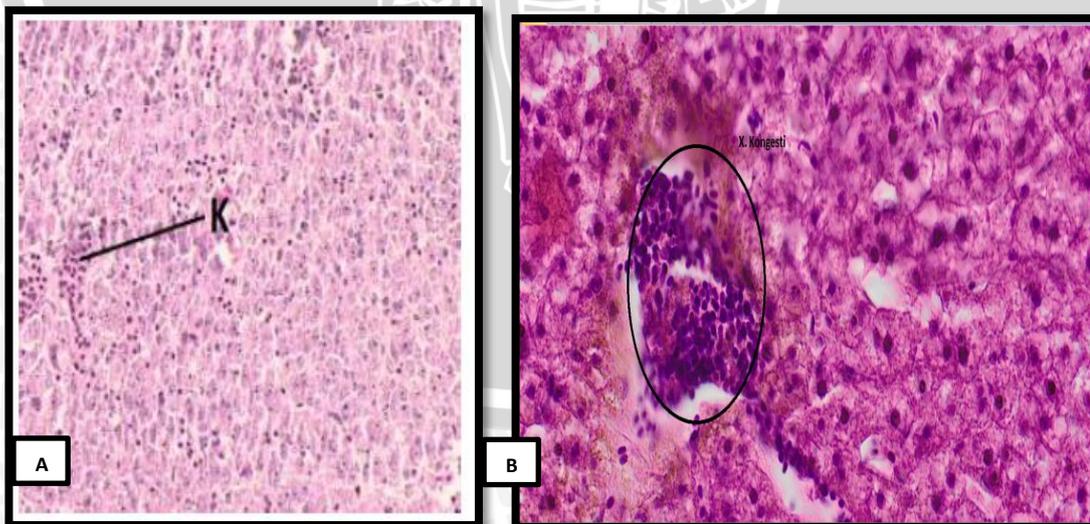
Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F _{hitung}	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	0,22	0,11	1,49 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	0,44	0,07			
Total	8	0,66	-			

Keterangan ns = Tidak berbeda nyata

Tabel 7 menunjukkan bahwa perbedaan lama pemeliharaan tidak berpengaruh terhadap nilai skoring kerusakan pembengkakan sel. Maka tidak dilanjutkan ke uji Beda Nyata Terkecil.

4.4.2 Kongesti

Kongesti adalah keadaan yang disertai dengan meningkatnya volume darah dalam pembuluh darah yang melebar pada suatu bagian tubuh, salah satu penyebab kongesti ini adalah adanya bintik darah dalam pembuluh darah dan terpapar oleh agen kimia (Juhryyah, 2008). Untuk lebih jelasnya perbedaan antara struktur hati mengalami kongesti (Alifia dan Djawad, 2000) dan struktur sel hati yang mengalami kongesti disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. (A) Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng mengalami kongesti dengan pembesaran 400x (Alifia dan Djawad, 2000) dan (B) Potongan Melintang Hati yang mengalami kongesti (X) dengan menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan pembesaran 400x dan pewarnaan H-E (Hasil pengamatan).

Gambar 7A menunjukkan bahwa hati ikan bandeng yang mengalami kongesti (Alifia dan Djawad, 2000) tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan hasil pengamatan hati ikan bandeng yang mengalami kongesti (Gambar 7B) pembendungan darah atau kongesti yang disebabkan karena gangguan sirkulasi yang dapat mengakibatkan kekurangan oksigen dan zat gizi.

Sebelum data diolah menggunakan regresi, data skoring dikumpulkan sesuai usia ikan dan tingkat kerusakan dan setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan (Lampiran 4). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data rata-rata nilai skoring kongesti dari kerusakan hati yang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Data rata-rata nilai skoring

Lama Pemeliharaan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
1	1	1,33	1,33	3,66	1,22
2	1,66	1,66	1,66	4,98	1,66
3	2	1,66	2	5,66	1,88

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui, semakin lama ikan dipelihara pada tambak yang tercemar limbah, maka semakin tinggi nilai kerusakan yang terjadi. Pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai kerusakan yang paling tinggi yakni 2. Kemudian diikuti dengan lama pemeliharaan 2 bulan 1,66 yang dan yang paling rendah adalah lama pemeliharaan 1 bulan yakni 1.

Menurut Lu (1995), jika zat toksik yang masuk ke dalam tubuh relatif kecil atau sedikit dan fungsi detoksifikasi hati baik, maka tidak akan terjadi kerusakan. Namun apabila zat toksik yang masuk dalam jumlah besar maka fungsi detoksifikasi akan mengalami kerusakan.

Kongesti pada hati, dimulai dari vena sentralis yang kemudian meluas sampai sinusoid yang tersusun tidak teratur dan didalamnya terdapat eritrosit yang diduga akibat pecahnya dinding sinusoid. Vena sentralis juga dipengaruhi oleh banyak eritrosit akibat adanya penyumbatan pada vena hepatika. Apabila pembendungan ini berlangsung cukup lama, maka sel-sel hati tampak hilang karena tekanan dan

gangguan-gangguan pembawaan zat gizi, hal ini disebabkan karena darah yang mengalir dari perifer lobulus hati ke pusat (vena sentralis) kebanyakan sudah kehilangan zat-zat gizi sewaktu tiba dipertengahan lobulus, sehingga dipertengahan lobulus menjadi kekurangan zat gizi (Ressang, 1984).

Perbedaan lama pemeliharaan ikan bandeng pada tambak yang tercemar limbah memberikan pengaruh terhadap nilai skoring kerusakan hati. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan hati dapat diketahui dari analisa keragaman pada Tabel 9.

Tabel 9. Analisa Keragaman

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F _{hitung}	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	0,68	0,34	13,81**	5,14	10,92
Acak	6	0,14	0,02			
Total	8	0,83	-			

Keterangan (**)= berbeda sangat nyata

Hasil keragaman menunjukkan bahwa nilai F hitung 13,81 berbeda sangat nyata dari F 5% dan F 1% yaitu 13,81. Hal ini menunjukkan bahwa adanya lama pemeliharaan ikan pada tambak yang tercemar limbah memberikan pengaruh nyata terhadap nilai kerusakan hati. Untuk mengetahui pengaruh diantara waktu pemeliharaan, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT), seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

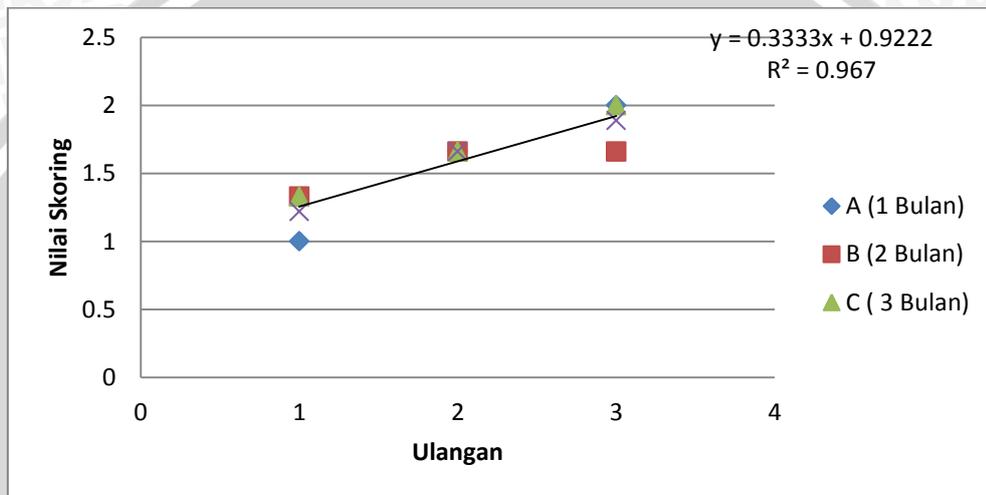
	Rerata Perlakuan	1 2 3			Notasi
		1,22	1,66	1,77	
1	1,22	-	-	-	a
2	1,66	0,67**	-	-	b
3	1,77	1,22**	0,55**	-	c

Keterangan (**)= berbeda sangat nyata
ns = tidak berbeda nyata

Berdasarkan Tabel 10, diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara pengaruh lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan sel yang mengalami kongesti ditandai dengan notasi a, b dan c. Hal ini berarti lama pemeliharaan 1 bulan sangat berbeda nyata dengan lama pemeliharaan 2 bulan ditandai dengan notasi a,

lama kedua lama pemeliharaan (1 bulan dan 2 bulan) sangat berbeda nyata dengan lama pemeliharaan 3 bulan ditandai dengan notasi b dan c.

Untuk mengetahui hubungan antara lama pemeliharaan terhadap nilai skoring kerusakan maka dilakukan analisa regresi dan uji polynomial orthogonal yang disajikan pada (Gambar 8) didapatkan pola hubungan linier dengan persamaan garis yaitu $y=0,3333x + 0,9222$ dan $R^2=0,967$.



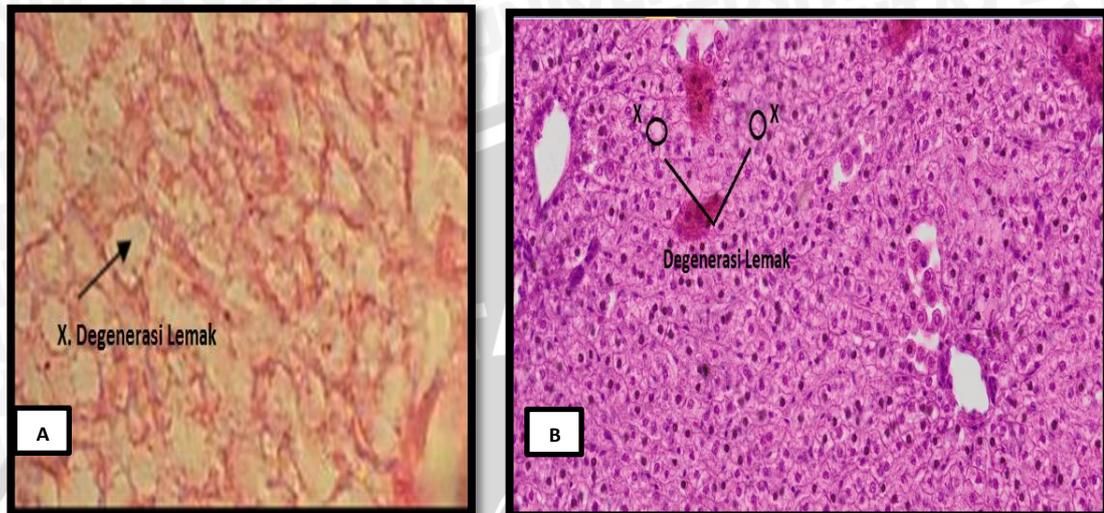
Gambar 8. Grafik hubungan lama pemeliharaan terhadap nilai skoring (Kongesti).

Grafik diatas menunjukkan bahwa hubungan antara nilai skoring dan lama pemeliharaan berbanding lurus, yakni semakin lama ikan dipelihara maka semakin besar nilai kerusakan yang terjadi. Hal ini sesuai dengan pernyataan hal ini sesuai dengan pernyataan Ersa (2008), kongesti pada tingkat yang paling berat akan menyebabkan pembuluh darah pecah atau keluar dari sirkulasi kardiovaskuler (arteri, vena dan kapiler), yang pada akhirnya akan menyebabkan sel mati atau nekrosis.

4.4.3 Degenerasi Lemak

Degenerasi lemak merupakan kerusakan sel yang lebih parah setelah sebelumnya terjadi degenerasi granular (sel-sel membengkak sedang sitoplasmanya berbutir-butir halus). Pada degenerasi lemak sitoplasmanya penuh dengan vakuol-vakuol (Nabib dan Pasaribu, 1989). Semakin tinggi konsentrasi logam berat semakin tinggi kerusakannya (Kusumahadi, 1998). Untuk lebih jelasnya perbedaan antara

struktur hati mengalami kerusakan degenerasi lemak (Alifia dan Djawad, 2000) dan struktur sel hati yang mengalami degenerasi lemak disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. (A) Potongan Melintang Hati Ikan Bandeng mengalami degenerasi lemak dengan pembesaran 400x (Alifia dan Djawad, 2000) dan (B) Potongan Melintang Hati yang mengalami degenerasi lemak (X) dengan menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan pembesaran 400x dan pewarnaan H-E (Hasil pengamatan).

Gambar 9A menunjukkan hati ikan bandeng yang mengalami kongesti (Alifia dan Djawad, 2000) kerusakan histopatologi tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan hasil pengamatan hati yang mengalami degenerasi lemak (Gambar 9B) terjadi karena adanya penumpukan lemak (lemak netral) dengan kerusakan inti sel dan mengecilnya jaringan sel hati.

Sebelum data diolah menggunakan regresi, data skoring dikumpulkan berdasarkan usia ikan dan tingkat kerusakan hati dan setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan (Lampiran 4). Berikut adalah data rata-rata nilai skoring degenerasi lemak dari kerusakan hati yang disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Data rata-rata nilai skoring

	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
1	1,33	1,33	2	4,66	1,55
2	2,33	1,66	1,66	5,65	1,88
3	2,66	2	3,33	7,99	2,66

Berdasarkan Tabel 11, diketahui bahwa rata-rata nilai skoring tertinggi terjadi pada lama pemeliharaan 3 bulan yaitu 3,33, kemudian lama pemeliharaan 2 bulan yaitu 1,66 dan terakhir adalah lama pemeliharaan 1 bulan yaitu 1,33. Kerusakan yang terjadi diduga akibat akumulasi bahan pencemar dalam tubuh ikan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Darmono (2001), bahwa akumulasi logam yang tertinggi biasanya dalam detoksikasi (hati) dan ekskresi (ginjal). Logam timbal juga dapat menyebabkan kerusakan hati. Kerusakan yang terjadi mengakibatkan proses respirasi ikan terhambat dan pada akhirnya menyebabkan kematian ikan.

Sel hati ikan mempunyai bentuk poligonal dan mempunyai inti sel umumnya mengakumulasi lemak dan glikogen pada sitoplasma. Degenerasi lemak terjadi karena adanya penumpukan lemak (lemak netral) dengan kerusakan inti sel dan mengecilnya jaringan sel hati (Panigoro *et al.*, 2007). Menurut penelitian Alifia dan Djawad (2000), menyebutkan bahwa ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang terpapar logam berat mengakibatkan hati mengalami degenerasi lemak. Degenerasi lemak ini ditandai dengan penampakan histologi berupa vakuola-vakuola.

Didukung dengan penelitian Silviany (2004), menyebutkan bahwa ikan yang terpapar logam timbal mengakibatkan hati mengalami degenerasi lemak sehingga fungsi hati yang kompleks menjadi hilang. Secara mikroskopis, sitoplasma dari sel-sel yang terkena pencemaran logam berat tampak bervakuola dan banyaknya lipid yang tertimbun didalam sel begitu besar sehingga inti sel terdesak ke satu sisi dan sitoplasma sel ditempati oleh satu vakuola besar yang berisi lipid. Vakuolisasi dapat terjadi karena adanya penimbunan lemak pada hati. Akumulasi logam berat terjadi terutama pada mitokondria, dimana mitokondria adalah tempat terjadinya fosforilasi oksidatif yang merupakan rangkaian pada pembentukan ATP. Akumulasi logam berat ini akan mengganggu pembentukan ATP atau bahkan menghentikan pembentukan ATP. Gangguan pada proses oksidasi ini akan menyebabkan penimbunan lemak di hati (Anderson, 1995).

Untuk mengetahui lebih jelas pengaruh lama pemeliraan terhadap nilai skoring kerusakan degenerasi lemak maka dilakukan analisa keragaman pada Tabel 12.

Tabel 12. Analisa Keragaman

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F _{hitung}	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	1,949	0,97	3,94 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	1,48	0,24			
Total	8	3,43	-			

Keterangan ns = Tidak berbeda nyata

Tabel 12 menunjukkan bahwa perbedaan lama pemeliharaan tidak berpengaruh terhadap nilai skoring kerusakan degenerasi lemak. Maka tidak dilanjutkan ke uji Beda Nyata Terkecil.

4.5 Parameter Kualitas Air

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

4.5.1 Suhu

Tiap organisme perairan mempunyai batas toleransi yang berbeda terhadap perubahan suhu perairan bagi kehidupan dan pertumbuhan organisme perairan. Oleh karena itu, suhu merupakan salah satu faktor fisika perairan yang sangat penting bagi kehidupan organisme atau biota perairan. Secara umum suhu berpengaruh langsung terhadap biota perairan berupa reaksi enzimatik pada organisme. Menurut Mukhtasor (2007), menyatakan bahwa biasanya suhu air laut berkisar antara -2 sampai 30°C.

Suhu pada penelitian ini adalah berkisar antara 29,2 °C. Kisaran suhu pada tambak tersebut berada pada kisaran normal untuk ikan bandeng, hal ini sesuai dengan pendapat Nybakken (1992), menyatakan kisaran suhu perairan yang sesuai dengan kehidupan ikan bandeng berkisar antara 28-30°C. Berdasarkan hal tersebut, maka suhu perairan dilokasi masih tergolong mendukung kehidupan organisme yang hidup didalamnya.

4.5.2 pH

pH sangat penting sebagai parameter kualitas air karena mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan dalam air. Selain itu, ikan dan makhluk - makhluk lainnya hidup pada selang pH tertentu sehingga dengan diketahuinya nilai pH dapat mengetahui apakah air tersebut sesuai atau tidak untuk menunjang kehidupan ikan. Karena pH air mempengaruhi tingkat kesuburan perairan yang akan mempengaruhi kehidupan jasad renik pula. Jika suatu perairan asam akan kurang produktif karena oksigen terlarut akan rendah. Menurut Odum (1993), kisaran pH yang tidak tercemar untuk lingkungan perairan yaitu kadar pH 5-9.

Dari penelitian yang dilakukan hasil pH yang didapatkan adalah 7,5 dan ini menunjukkan bahwa pH tersebut berada pada kisaran normal untuk parameter kualitas air dalam skala pemeliharaan bandeng. Kondisi ini sangat mendukung karena pH 7,0 sampai 8,0 merupakan pH optimal untuk ikan bandeng (Reksono *et al.*, 2012). Kondisi pH dari data yang diperoleh dari penelitian tersebut baik untuk perkembangan ikan.

4.5.3 Oksigen Terlarut (DO)

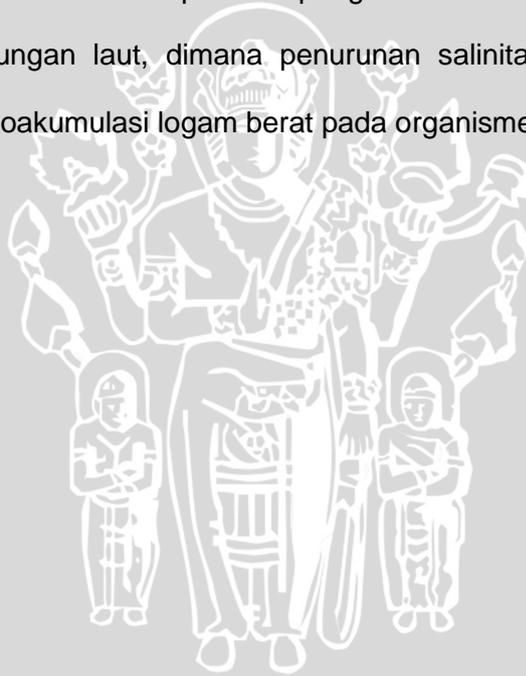
Pada penelitian diperoleh nilai oksigen terlarut sebesar 6,2 ppm. Oksigen terlarut yang diperoleh tersebut sesuai dengan yang dibutuhkan oleh organisme perairan, hal ini sesuai dengan pernyataan Prabowo (2005), ambang batas kandungan karbondioksida terlarut dalam air agar ikan dapat hidup adalah 0 - 10 mg/l.

Kadar oksigen terlarut pada perairan berfluktuasi tergantung pada aktifitas fotosintesis, respirasi dan limbah yang masuk ke badan air. Dengan demikian, berdasarkan hasil pengukuran faktor-faktor abiotik secara umum dapat dianggap tidak mempengaruhi toksisitas, atau berarti kematian ikan disebabkan sifat toksik. Hubungan antara suhu dan kadar oksigen adalah semakin tinggi suhu maka kadar oksigen akan rendah (Effendi, 2003).

4.5.4 Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi dari total ion yang terdapat di perairan. Salinitas dinyatakan dalam satuan g/kg atau promil (‰). Nilai salinitas pada perairan tawar biasanya kurang dari 0,5 ‰, perairan payau antara 0,5 – 30 ‰, dan ada di perairan laut berkisar antara 30 – 40 ‰. Pada perairan pesisir nilai salinitas sangat dipengaruhi oleh masukan air tawar dari sungai (Effendi, 2003).

Salinitas pada penelitian ini adalah 17,8 ppt, dimana salinitas tersebut berada pada kisaran rendah ke kisaran salinitas tinggi, nilai salinitas pada perairan pesisir sangat dipengaruhi oleh masukan air tawar dari sungai, sedangkan menurut Mukhtasor (2007), nilai salinitas perairan laut dapat mempengaruhi faktor konsentrasi logam berat yang mencemari lingkungan laut, dimana penurunan salinitas pada perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi logam berat pada organisme semakin meningkat.



5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Hasil kandungan logam berat kadmium (Cd) dan timbal (Pb) pada air sungai maupun air tambak budidaya bandeng (*Chanos chanos*) yaitu Cd sebesar $<0,0024$ ppm dan Pb sebesar $<0,0044$ ppm. Sedangkan kandungan logam berat Cd dan Pb pada sedimen sungai maupun sedimen tambak budidaya bandeng (*Chanos chanos*) yaitu Cd sebesar 1,079 ppm dan Pb tidak terdeteksi.
- Rata-rata hasil skoring kerusakan pembengkakan sel pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai tertinggi yakni 2, hasil skoring kerusakan kongesti pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai tertinggi yakni 2, dan serta rata - rata hasil skoring kerusakan degenerasi lemak pada lama pemeliharaan 3 bulan memiliki nilai tertinggi yakni 3,33. Kualitas air saat penelitian terdiri dari suhu sebesar $29,2^{\circ}\text{C}$, pH sebesar 7,5, DO sebesar 6,2 mg/L, dan salinitas sebesar 17,8 ppt.

5.2 Saran

Perlu dilakukan pengendalian pencemaran logam berat salah satunya dengan penanaman mangrove lebih lanjut disekitar tambak diduga akar mangrove dapat menyerap logam berat dan ini membantu pengendalian pencemaran di perairan.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, R. dan U.M. Tang. 2002. Fisiologi Hewan Air. UNRI Press, Pekanbaru, Riau. 217 hlm.
- Ahmad, T dan M. J. R. Yakob. 1998. *Budidaya Bandeng Intensif di Tambak*. Prosiding Seminar Teknologi Perikanan Pantai. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Loka Penelitian Perikanan Pantai. Bali. 98 hlm
- Alifia, F., dan M. I. Djawad. 2000. Kondisi Histologi Insang dan Organ Dalam Juvenil Ikan Bandeng (*Chanos chanos Forskall*) yang Tercemar Logam Timbal". *Sci&Tech*. 1 (2): 51-58.
- Anderson, P.S. 1995. Patofisiologi Konsep Klinis Proses. Proses Penyakit. Ahli Bahasa : Peter Anugerah. Jakarta : EGC. Penerbit Buku Kedokteran. 220 hlm.
- Asdak, C. 2004. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press. 147 hlm.
- Asniatih. , M. Idris dan K. Sabilu. 2013. Studi Histopatologi pada Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) yang Terinfeksi Bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. 3 (12): 13-21.
- Bangun, J.M. 2005. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kadmium (Cd) Dalam Air, Sedimen Dan Organ Tubuh Ikan Sokang (*Triacanthus nieuhofi*) Di Perairan Ancol, Teluk Jakarta. Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor. 57 hlm.
- Brown VM, VV Mitrovic, and Stark, GTC . 2003. Pengaruh paparan kronis dari seng pada toksisitas dari campuran deterjen dan seng. *Journal Water* 2 (4): 255-260.
- Cahyo, S. 2007. Membuat Aneka Olahan Bandeng. Penebar Swadaya. Jakarta. 109 hlm.
- Cholik, F., A.G. Jagatraya., R.P. Poernomo dan Jauzi, A. 2005. *Akuakultur Tumpuan Harapan Masa Depan Bangsa*. Masyarakat Perikanan Nusantara (MPN) dengan Taman Akuarium Air Tawar TMII. Jakarta. 415 hlm.
- Connell, D.W. dan G.J. Miller. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Terjemahan Y. Koestoer. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta. 520 hlm.
- Damayanti, F.N. 2010. Pengaruh Pencemaran Logam Berat terhadap Kondisi Histologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dalam Karamba Jaring Apung di Blok Jangari Waduk Cirata. Skripsi. Universitas Padjadjaran, Jawa Barat. 62 hlm.
- Darmono. 2001. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: UI Press. 145 hlm.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta. Kanisius: 258 hlm.

- Erlangga. 2007. Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar Di Provinsi Riau terhadap Ikan Baung (*Hemibagus nemurus*). Tesis. Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor : Bogor. 98 hlm.
- Ersa, I.M. 2008. Gambaran Histopatologi Insang, Usus Dan Otot Pada Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicu*) Di Daerah Ciampea Bogor. Skripsi. Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor. Bogor. 65 hlm.
- Fardiaz, S., 2006, *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta. 190 hlm.
- Hidayati, D. 2009. Aplikasi Fitoremediasi Polutan dengan Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) pada Air Tercemar Lumpur Lapindo dan Uji Biologis Sebagai Media Pemeliharaan Bandeng (*Chanos chanos*). Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat. ITS. 173 hlm.
- Hutabarat, S, dan S. M. Evans, 1985. *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: Universitas Indonesia Press. 259 hlm.
- Irianto dan Giyatmi. 2009. *Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan*. Jakarta: Universitas Terbuka. 159 hlm.
- Ismail, A., Manadiyanto dan S. Hermawan. 1998. *Kajian Usaha Bandeng Umpan dan Bandeng Konsumsi pada Tambak di Kamal Jakarta Utara*. Seminar Teknologi Perikanan Pantai. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Loka Penelitian Perikanan Pantai. Bali. 120 hlm.
- Juhryyah, S. 2008. Gambaran Histopatologi Organ Hati Dan Ginjal Tikus Pada Intoksikasi Akut Insektisida (Metofluthrin, D-Phenothrin, D-Allethrin) Dengan Dosis Bertingkat. Skripsi. Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor. Bogor. 58 hlm.
- Khan, M. H and K. Qayyum. 2002. Determination of Trace Amounts of Iron, Copper, Nickel, Cadmium and Lead in Human Blood by Absorption Spectrometry. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 5 (10): 1104-1107.
- Khaisar, O. 2006. Kandungan Timah Hitam (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam Air, Sedimen dan Bioakumulasi Serta Respon Histopatologis Organ Ikan Alu-alu (*Sphyræna barracuda*) di Perairan Teluk Jakarta. (Skripsi). Bogor : Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. 89 hlm.
- Kordi. G. 2009. *Budidaya Perairan*. PT. Citra Aditya Bakti. Bandung. 267 hlm.
- Kristanto,P. 2002. *Ekologi Industri*. Andi offset : Yogyakarta. 289 hlm.
- Kusumahadi KS. 1998. *Konsentrasi Logam Berat Pb, Cr dan Hg dalam Badan Air dan Sedimen serta Hubungannya dengan Keanekaragaman Plankton, Benthos dan Ikan di Sungai Ciliwung*. [disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 60 hlm.
- Lu, F.C. 1995. Toksikologi Dasar : Asas, Organ, Sasaran, dan Penilaian Resiko. Edisi 2. Terjemahan: Edi Nugroho. UI press. Jakarta. 428 hlm.
- Mubarak, H., S. Ilyas., W Ismail., I.S. Wahyuni. 1990. *Petunjuk Teknis Budidaya Rumput Laut*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta. 94 hlm.

- Mukhtasor, 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. Pradnya Paramita. Jakarta, 322 hlm.
- Mulyanto. 1992. Lingkungan Hidup unruk Ikan. Depaetemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta. 138 hlm.
- Muntiha, M. 2001. Teknik Pembuatan Preparat Histopatologi dari jaringan Hewan dengan Pewarnaan Hemaktosilin dan Eosin H dan E. Temu Teknis Fungsional Non Peneliti. 43 hlm.
- Mayunar. 2002. *Budidaya Bandeng Umpan Semi Intensif dengan Sistem Modular pada Berbagai Tingkat Kepadatan*. Laporan Kegiatan Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jepara. 75 hlm.
- Nabib R dan Pasaribu FH. 1989. *Patologi dan Penyakit Ikan*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB. Bogor. 63 hlm.
- Nazir. 2005. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Jakarta.70 hlm.
- Novianto, R.T.W.D, Rachmadiarti.F, dan Raharjo. 2012. Analisis Kadar Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Udang Putih (*Penaeus marguiensis*) di Pantai Gesek Sedati Sidoarjo. *LenteraBio*. **1** (2): 63-66.
- Nybakken, W. J. 1992. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. PT Gramedia. Jakarta. 418 hlm.
- Odum, E.P. 1993. *Fundamental of Ecology*. 3rd edition. W.B Saunders Company. Philadelphia. 696 hlm.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, PT Rineka Cipta, Jakarta. 152 hlm.
- Panigoro, N., A. Indri., B. Meliya., Salifira., D.C. Prayudha., dan W. Kunika. 2007. Teknik Dasar Histologi dan Atlas Dasar – dasar Histopatologi Ikan. Balai Budidaya Air Tawar dan Japan International Coperation Agency (JICA). Jambi. 92 hlm.
- Pantung, N., Helander, K.G and Cheevaporn. V. 2008. "Histopathological Alterations of Hybrid Walking Cattfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) in Acute and Subacute Cadmium Exposure". *Environment Asia*. **1** : 22-27.
- 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* Forks.) di Tambak Kecamatan Gresik. *Neptunus Universitas Negeri Surabaya*. **14** : 68–77.
- Purnomowati, I., Hidayati, D., dan Saparinto, C. 2007. Ragam Olahan Bandeng. Kanisius. Yogyakarta. 261 hlm.

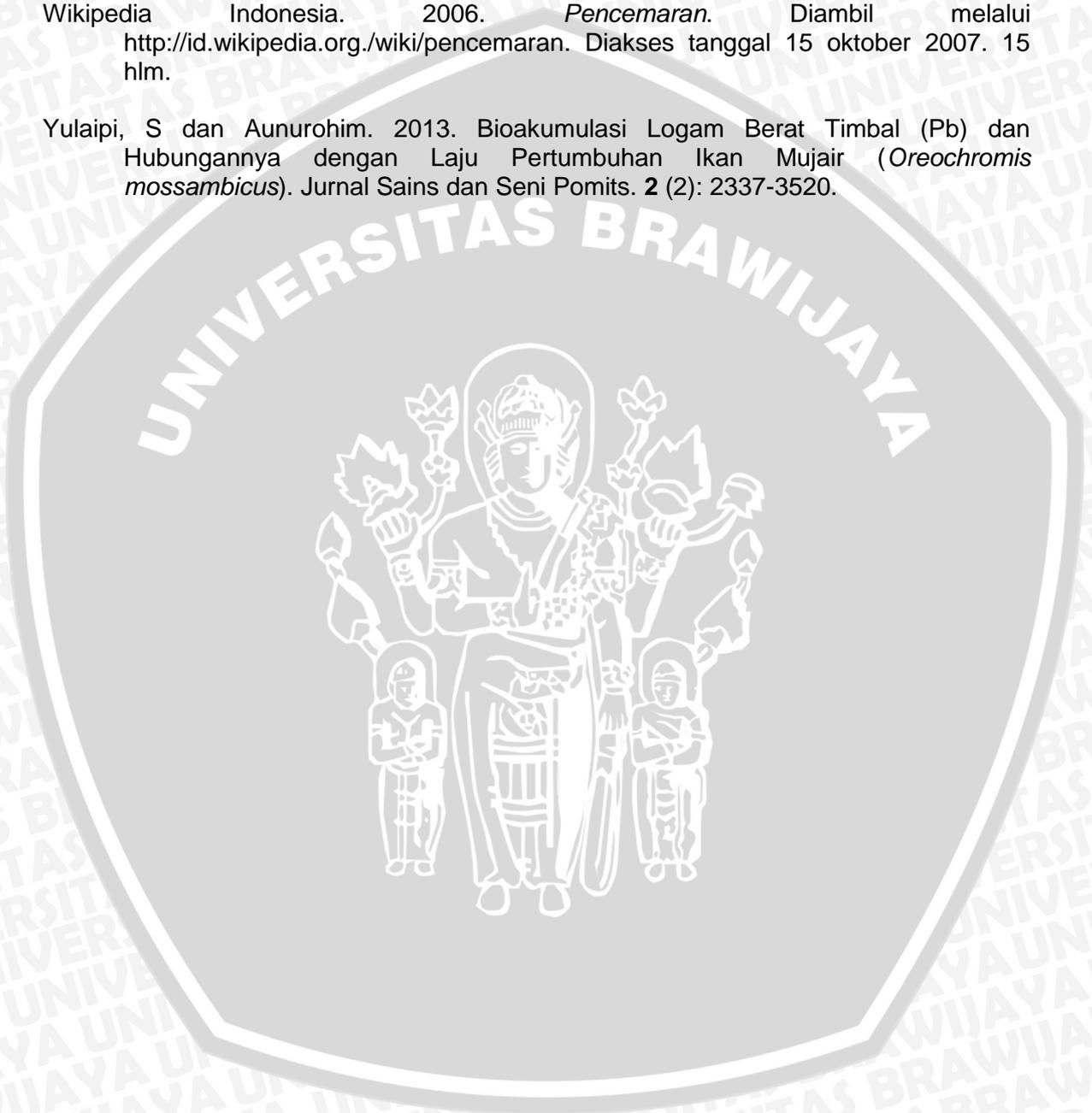
- Reksono, B., Hamdani, H., dan Yuniarti, MS. 2012. Pengaruh Padat Penebaran Gracilaria sp. Terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Pada Budidaya Sistem Polikultur. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **3** (3): 41-49.
- Ressang, A.A. 1984. Patologi Khusus Veteriner. Denpasar: Bali Press. 49 hlm.
- Rochyatun, E., Kaisupy, M., T., & Rozak, A. 2006 Distribusi Logam Berat Dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Makara Sains*. **10** : 35 - 40.
- Said, I., Jalaluddin, M. N., Upe, A., & Wahab, A.W. (2009). Penetapan konsentrasi logam berat krom dan timbal dalam sedimen estuaria sungai matangpondo Palu. *Jurnal Chemica*,10(2), 40–47.
- Schuster, W.H. 1969. Fish culture in brackish water ponds in Java. *IPFC. Special Publications*. **1** : 143 hlm.
- Setiawan, N. 2009. Teknik Sampling. <http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2009/03/teknik/sampling1.pdf>. Diakses tanggal 15 Desember 2009. 47 hlm.
- Silviyany, V. 2004. Pengaruh Timbal terhadap Morfologi dan Histologi Hati Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*). Skripsi. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sriwijaya. Palembang. 42 hlm.
- Siswandari, W. 2005. Nilai Diagnostik Pemeriksaan Imunositokimia Limfosit Sediaan Apus Darah Tepi Dibandingkan Analisis Kromosom Pada Penderita Dengan Dugaan Sindroma Fragile X. (Tesis). Semarang. Program Pendidikan Dokter Spesialis Patologi Klinik. Universitas Diponegoro Semarang. 74 hlm.
- 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. 69 hlm.
- Subandiyono dan Hastuti, S. 2010. Buku ajar Nutrisi Ikan Lembaga Pengembangan dan Penjaminan Mutu Pendidikan. Semarang: Universitas Diponegoro. 346 hlm.
- Sugiyono. 2006. *Statistik Untuk Penelitian*. Cv Alfabeta. Bandung. 253 hlm.
- Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 1400*. Grasindo : Jakarta. 374 hlm.
- Syamsuddin, R. 2010. Sektor Perikanan Kawasan Indonesia Timur: Potensi, Permasalahan, dan Prospek. PT Perca, Jakarta. 287 hlm.
- Ulfin, S. 1995. *Potensi Penyerapan Batang Enceng Gondok (*Eichornia crassipes* Mart) Terhadap logam Cu dan Pb*. Laporan Penelitian yang tidak dipublikasikan. 61 hlm.
- Ulfin, I. 2001. *Penyerapan Logam Berat Timbal dan Cadmium dalam Larutan oleh Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L)*. Majalah KAPPA Vol.2, No. 1. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November. 33 hlm.
- Wibowo, A. P. 2014. Analisis Rantai Nilai (Value Chain) Komoditas Ikan Bandeng Di Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang. 60 hlm.

Widiastuti, E. 1983. *Kualitas Air Kali Talung Rintingan dan Kelimpahan Hewan Makrozoobentos*. Thesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor. 87 hlm.

Widiyanti, C. A. 2005. *Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) serta Struktur Mikroanatomi Ctenidia dan Digesti Gland (Hepar) Anodontia woodiana Lea., di Sungai Serang Hilir Waduk Kedung Ombo*. Skripsi. Biologi FMIPA UNS. Surakarta. 62 hlm.

Wikipedia Indonesia. 2006. *Pencemaran*. Diambil melalui <http://id.wikipedia.org/wiki/pencemaran>. Diakses tanggal 15 oktober 2007. 15 hlm.

Yulaipi, S dan Aunurohim. 2013. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2 (2): 2337-3520.

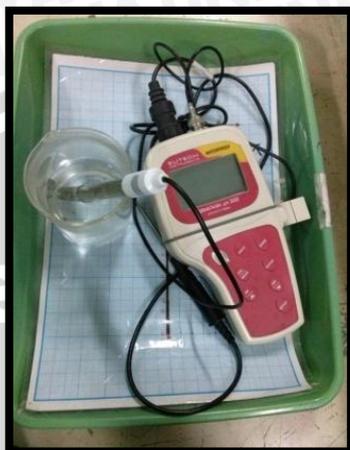


LAMPIRAN

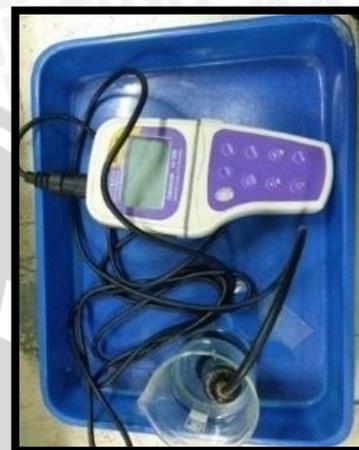
Lampiran 1. Alat - alat yang digunakan



Termometer



pH meter



DO meter



Steroform



Salinometer



Sectioset



Botol Film

Lampiran 2. Bahan - bahan yang digunakan



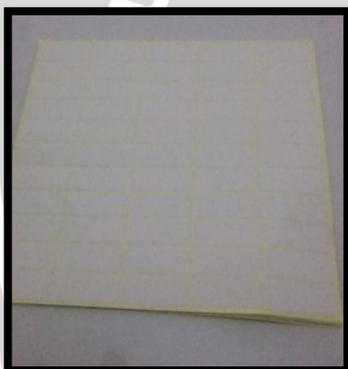
Larutan Davidson



Es Batu



Sampel Air dan Sedimen



Kertas Label



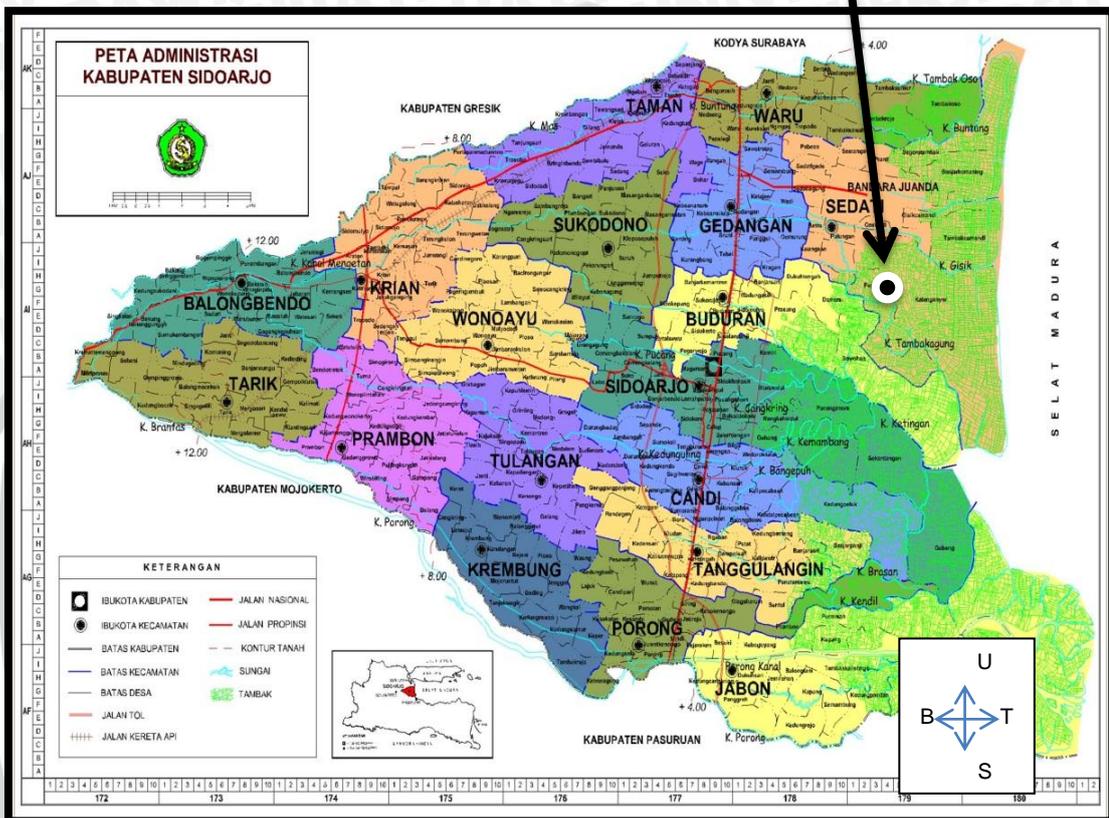
Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)



Hati Ikan Bandeng

Lampiran 3. Peta Lokasi Penelitian

Tambak Cemandi Desa Kalanganyar Kecamatan Sedati Kabupaten Sidoarjo.



Lampiran 4. Perhitungan

a. Pembengkokan Sel

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Total A} &= 1,66+1+1,33 & \text{A rata-rata} &= \frac{3,99}{3} \\ &= 3,99 & &= 1,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total B} &= 1,66+1,66+1,66 & \text{B rata-rata} &= \frac{4,98}{3} \\ &= 4,98 & &= 1,66 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total C} &= 2+1,33+1,66 & \text{C rata-rata} &= \frac{4,99}{3} \\ &= 4,99 & &= 1,66 \end{aligned}$$

Tabel Rerata Kerusakan Pembengkokan sel Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
A	1,66	1	1,33	3,99	1,33
B	1,66	1,66	1,66	4,98	1,66
C	2	1,33	1,66	4,99	1,66
				13,96	

Perhitungan keragaman

$$\begin{aligned} 1. \quad \text{Faktor Koreksi (FK)} &= \frac{G^2}{N} \\ &= \frac{13,96^2}{9} \\ &= 21,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad \text{Jumlah Kuadrat (JK Total)} &= (A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + C_3^2) - FK \\ &= (2,75^2 + 1^2 + 1,76^2) - 21,65 \\ &= 0,66 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad \text{JK Perlakuan} &= \frac{\sum(\sum xi)^2}{r} - FK \\ &= \frac{(TA^2 + TB^2 + TC^2)}{r} - FK \\ &= \frac{(15,92^2 + 24,80^2 + 24,90^2)}{r_3} - 21,65 \\ &= 0,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \quad \text{JK galat/acak} &= \text{JK Total} - \text{JK perlakuan} \\ &= 0,66 - 0,22 \\ &= 0,44 \end{aligned}$$

Lampiran 4 (Lanjutan)

Analisa Keragaman

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F _{hitung}	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	0,22	0,11	1,49 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	0,44	0,07			
Total	8	0,66	-			

Keterangan (*) = berbeda nyata

Dikarenakan nilai F hitung memiliki nilai yang lebih kecil dari pada F tabel 5% maka perhitungan tidak dilanjutkan ke uji Beda Nyata Terkecil.

b. Kongesti

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Total A} &= 1+1,33+1,33 \\ &= 3,66 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{A rata-rata} &= \frac{3,66}{3} \\ &= 1,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total B} &= 1,66+1,66+1,66 \\ &= 4,98 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B rata-rata} &= \frac{4,98}{3} \\ &= 1,66 \end{aligned}$$

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

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

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

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
A	1	1,33	1,33	3,66	1,22
B	1,66	1,66	1,66	4,98	1,66
C	1,66	1,66	2	5,32	1,77
				13,96	

Perhitungan keragaman

$$\begin{aligned} 5. \quad \text{Faktor Koreksi (FK)} &= \frac{G^2}{N} \\ &= \frac{13,96^2}{9} \\ &= 21,65 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 6. \quad \text{Jumlah Kuadrat (JK Total)} &= (A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots + C_3^2) - \text{FK} \\ &= (1^2 + 1,76^2 + 1,76^2) - 21,65 \\ &= 0,66 \end{aligned}$$

Lampiran 4 (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 7. \quad \text{JK Perlakuan} &= \frac{\sum(\sum xi)^2}{r} - \text{FK} \\
 &= \frac{(TA^2 + TB^2 + TC^2)}{r} - \text{FK} \\
 &= \frac{(13,39 + 24,80^2 + 28,30^2)}{r^3} - 21,65 \\
 &= 0,51 \\
 8. \quad \text{JK galat/acak} &= \text{JK Total} - \text{JK perlakuan} \\
 &= 0,66 - 0,51 \\
 &= 0,14
 \end{aligned}$$

Analisa Keragaman

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F _{hitung}	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	0,68	0,34	13,81*	5,14	10,92
Acak	6	0,14	0,024			
Total	8	0,83	-			

Keterangan (*) = Berbeda nyata

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

- Perhitungan Uji Beda Nyata Terkecil

$$\begin{aligned}
 \text{SED} &= \sqrt{\frac{2 \text{KT}_{\text{acak}}}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \times 0,024}{3}} \\
 &= 0,1032
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BNT 5\%} &= t_{5\%} (\text{db}_{\text{acak}}) \times \text{SED} \\
 &= 2,44691 \times 0,1032 \\
 &= 0,2525
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BNT 1\%} &= t_{1\%} (\text{db}_{\text{acak}}) \times \text{SED} \\
 &= 3,70743 \times 0,1032 \\
 &= 0,3826
 \end{aligned}$$

Tabel BNT

Rerata Perlakuan	1	2	3	Notasi
	1,22	1,66	1,88	
1	1,22	-	-	a
2	1,66	0,66**	-	b
3	1,88	1,22**	0,5**	c

Keterangan (**) = berbeda sangat nyata
ns = tidak berbeda nyata

Lampiran 4 (Lanjutan)

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

- Perhitungan Polynomial Orthogonal

Perlakuan	Hasil (Ti)	Pembanding	
		Linear	Kuadratik
1	1,22	-1	1
2	1,66	0	-2
3	1,88	1	1
$Q = \sum C_i \times T_i$		0,55	-0,32
Hasil Kuadrat		2	6
$Kr = (\sum C_i)^2 \times$		6	18
$r_{ulangan}$			
$JK = \frac{Q^2}{Kr}$		0,051	0,005

Sidik ragam	db	JK	KT	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	0,68	-	0,34095**	5,14	10,92
Linear	1	0,05	0,05	0,23767 ^{ns}		
Kuadratik	1	0,005	0,005			
Acak(galat)	6	0,14	0,024			
Total	8	0,83	0,10			

c. Degenerasi Lemak

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Total A} &= 1,33+1,33+2 & \text{A rata-rata} &= \frac{4,66}{3} \\ &= 4,66 & &= 1,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total B} &= 2,33+1,66+1,66 & \text{B rata-rata} &= \frac{5,65}{3} \\ &= 5,65 & &= 1,88 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total C} &= 2,66+2+3,33 & \text{C rata-rata} &= \frac{7,99}{3} \\ &= 7,99 & &= 2,66 \end{aligned}$$

Lampiran 4 (Lanjutan)

Tabel Rerata Kerusakan Degenerasi Lemak Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata
	1	2	3		
A	1,33	1,33	2	4,66	1,55
B	2,33	1,66	1,66	5,65	1,88
C	2,66	2	3,33	7,99	2,66
				18,3	

Perhitungan keragaman

$$9. \quad \text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{N}$$

$$= \frac{18,3^2}{9}$$

$$= 37,21$$

$$10. \quad \text{Jumlah Kuadrat (JK Total)} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + C3^2) - FK$$

$$= (1,76^2 + 1,76^2 + 4^2) - 37,21$$

$$= 3,43$$

$$11. \quad \text{JK Perlakuan} = \frac{\sum(\sum xi)^2}{r} - FK$$

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

$$= \frac{(21,71 + 31,92^2 + 63,84^2)}{r^3} - 37,21$$

$$= 1,94$$

$$12. \quad \text{JK galat/acak} = \text{JK Total} - \text{JK perlakuan}$$

$$= 3,43 - 1,94$$

$$= 1,48$$

Analisa keragaman

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Uji F		
				F _{hitung}	F 5%	F 1%
Perlakuan	2	1,94	0,974	3,94 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	1,48	0,247			
Total	8	3,43	-			

Keterangan (ns) = tidak berbeda nyata.

Dikarenakan nilai F hitung memiliki nilai yang lebih kecil dari pada F tabel 5% maka perhitungan tidak dilanjutkan ke uji Beda Nyata Terkecil.

