

STUDI IKAN BANDENG (*Chanos chanos*) YANG DIBUDIDAYAKAN DI TAMBAK TERCEMAR LIMBAH KADMIUM (Cd) DAN TIMBAL (Pb) DI KALANGANYAR, SIDOARJO, JAWA TIMUR TERHADAP HISTOPATOLOGI HATI, GINJAL DAN INSANG

Maftuch¹, Marsoedi, Vendrita Damayanti Putri, Moh. Holil Lulloh, Febi Kesid Haryo Wibisono
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya
Email: ¹maftuch@ub.ac.id

ABSTRACT

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kandungan logam berat Cadmium (Cd) dan timbal (Pb) pada perairan budidaya ikan bandeng (*Chanos chanos*) di Desa Kalanganyar Sidoarjo dan pengaruhnya terhadap histopatologi insang, hati dan ginjal ikan bandeng. Penelitian dan pengambilan sampel ikan bandeng (*Chanos chanos*) dilakukan di Desa Kalanganyar Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif. Data dianalisa menggunakan analisis ragam (ANOVA), BNT, dan regresi berdasarkan data hasil skoring. Hasil penelitian ini didapatkan konsentrasi Cd <0,0024 mg/L dan Pb <0,0044 mg/L, sedangkan hasil pengamatan kandungan logam berat pada sedimen berupa Cd 1,079 mg/L dan Pb tidak terdeteksi. Hasil pengamatan histopatologi organ insang didapatkan kerusakan hiperplasia, fusi dan nekrosis. Kerusakan organ hati menunjukkan kerusakan pembengkakan sel, kongesti, dan degenerasi lemak. Kerusakan organ ginjal menunjukkan kerusakan atrofi, *cloudy swelling* dan hialinisasi glomerulus. Hasil pengamatan kualitas air saat penelitian terdiri dari suhu sebesar 29,2 °C; pH sebesar 7,5; DO sebesar 6,2 mg/L; dan salinitas sebesar 17,8 ppt.

Keywords: Histopatologi, insang, hati, ginjal, ikan bandeng, Cd dan Pb.

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Sidoarjo merupakan Kabupaten yang berbatasan langsung dan merupakan kawasan penyangga pengembangan industri kota Surabaya.

Terdapat ratusan industri besar dan kecil yang berdomisili di kabupaten Sidoarjo.

Dampak langsung kawasan industri adalah dihasilkannya limbah dari aktivitas industri tersebut dalam jumlah besar. Dampak akhir pembuangan limbah cair industri dibuang ke sungai dan terbawa oleh aliran air dari hulu ke hilir, yang akhirnya menyebar di perairan muara sungai dan perairan pantai.

Lingkungan perairan pantai merupakan salah satu faktor pendukung sistem budidaya ikan bandeng yang baik. Namun saat ini, di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo yang dekat dengan kawasan industri mengakibatkan daerah pesisir tercemar akibat pembuangan limbah industri ke laut. Logam berat adalah salah satu jenis limbah industri yang masuk ke perairan. Limbah ini dapat mengakibatkan penurunan kualitas air yang berimbas terhadap menurunnya usaha perikanan budidaya di tambak Desa Kalanganyar.

Pencemaran yang disebabkan oleh limbah industri sebagian besar adalah pencemaran logam berat khususnya Cd dan Pb. Berbagai hasil penelitian sebelumnya melaporkan berbagai kerusakan histopatologi hewan air (Sanusi *et al*, 1984; Palar, 1994; Darmono, 2001)

Pada kasus pencemaran industri di kawasan tersebut maka peneliti merasa ingin mengkaji status pencemaran air dan sedimen di kawasan tersebut dikaji terhadap gambaran histopatologi insang, hati dan ginjal ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang dipelihara di tambak di kawasan perairan pantai, khususnya di kawasan pantai di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo tersebut.

Tujuan penelitian untuk mengetahui kandungan logam berat Cd dan Pb pada air

dan sedimen tambak di Desa Kalanganyar terhadap kondisi hispatologi organ insang, hati dan ginjal ikan bandeng.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat: botol air mineral 1,5 L, *coolbox*, *sectio set*, botol film, pH meter, DO meter, thermometer, refraktometer. Bahan-bahan: larutan Davidson, es batu, sampel air, sampel sedimen, kertas label, sampel insang, hati, ginjal ikan bandeng.

2.2. Metode Penelitian

Metode deskriptif dipilih menjadi metode yang digunakan dalam penelitian ini. Metode deskriptif memusatkan perhatian pada masalah-masalah aktual (sekarang) berdasarkan pengumpulan data dan fakta, untuk meramalkan hubungan antara variabel (Anita *et al.*, 2012).

2.3. Prosedur Penelitian

Pengambilan sampel air 1,5 L dan sampel sedimen diletakkan dalam *coolbox* dan dianalisa kandungan logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) di Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta I Malang. Pengukuran kualitas air: suhu, DO, pH dan salinitas sebagai data penunjang.

Sampel ikan bandeng yang diambil dibedakan menjadi tiga jenis sampel berdasarkan lama pemeliharaan ikan bandeng, yaitu pemeliharaan 1 bulan, 2 bulan dan 3 bulan.

Tahapan kerja pembuatan preparat Histopatologi meliputi tahap fiksasi, dehidrasi, clearing, impregnasi, embedding, sectioning, pewarnaan, mounting. Tahapan histologi sesuai dengan buku Kurniasih (1999), kemudian dilakukann pengamatan menggunakan mikroskop.

Perhitungan kerusakan sel dilakukan dengan pembesaran 400× di bawah mikroskop dengan tujuan untuk melihat kerusakan jaringan pada tiap filamen secara jelas.

2.4. Analisis Data

Data hasil kandungan logam berat untuk setiap sampel dibandingkan dengan standar baku mutu air. Analisis statistik histopatologi insang, hati dan ginjal dilakukan skoring

dengan metode kuantitatif yaitu analisa yang dilakukan dengan menghitung presentase kerusakan organ ikan bandeng yang diteliti.

Berikut presentase nilai skoring yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Presentase Nilai Skoring

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

Sumber: Pantung *et al.*, (2008).

Frekuensi kejadian patologi organ ikan bandeng dihitung menggunakan rumus jumlah sel organ yang menunjukkan gejala patologis dibagi jumlah sel organ yang diamati dan dikalikan 100%. Data selanjutnya dianalisis dengan metode regresi.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Kandungan Logam Berat Air dan Sedimen Tambak

Hasil Pengujian logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) pada air tambak dan sungai dapat dilihat secara jelas pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Kandungan Logam Berat di air tambak

Jenis sampel	Jenis Logam berat	Hasil	Baku mutu
Air	Cd (mg/l)	< 0,0024	(0,008 mg/l) *
Tambak	Pb (mg/l)	< 0,0044	(0,001 mg/l) *

Sumber data: Wibisono (2015).

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

Berdasarkan Tabel 2 diatas, air tambak tidak berada dalam baku mutu yang baik. Dalam kondisi ini perairan tercemar Pb, karena keberadaan Pb di perairan tambak berada diatas ambang yang dipersyaratkan. Sementara itu Cd di perairan masih berada di bawah batas ambang standar baku mutu yang dipersyaratkan sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004.

Selanjutnya dilakukan pengujian logam berat Cd dan Pb pada sedimen tambak yang hasil analisisnya disajikan secara jelas pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengamatan Kandungan Logam Berat Cd dan Pb dalam Sedimen Tambak

Jenis sampel	Jenis Logam		Baku mutu
	berat	Hasil	
Sedimen Tambak	Cd (mg/l)	1,079	(0,008 mg/l)**
	Pb (mg/l)	tt *	(0,001 mg/l)**

Sumber data: Putri (2015)

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

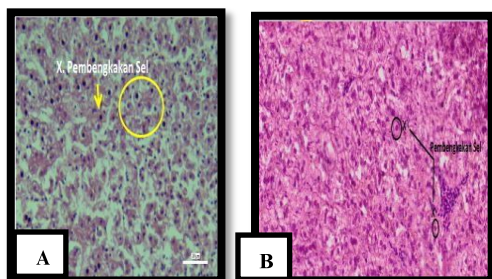
Berdasarkan Tabel 3 diatas, logam berat Cd pada sedimen tambak melebihi ambang batas standar baku mutu yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.51 Tahun 2004.

3.2. Hasil Pengamatan Histopatologi Hati Ikan Bandeng

Pada bagian ini dijelaskan mengenai kerusakan yang terjadi pada hati ikan bandeng yang dibudidaya di tambak tercemar logam Cd dan Pb yaitu pembengkakan sel, kongesti dan degenerasi lemak.

a. Pembengkakan Sel

Hasil pengamatan histopatologi menunjukkan bahwa hati ikan bandeng yang dipelihara di tambak tercemar limbah telah mengalami kerusakan berupa pembengkakan sel seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (A) Pembengkakan Sel Hati Ikan Bandeng (Alifia dan Djawad, 2000) dan (B) Potongan Melintang hati

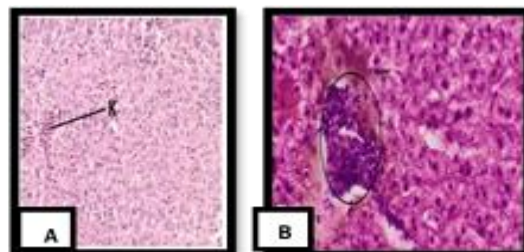
yang Mengalami Pembengkakan Sel (Putri, 2015).

Pembengkakan sel dimulai dengan kemampuan sel untuk melakukan regulasi osmotik terhadap lingkungan eksternal dengan cara memanfaatkan energi metabolik untuk memompa ion natrium keluar sel (Fujaya, 2008).

Logam berat yang terakumulasi di dalam sel hati menyebabkan proses metabolisme terganggu sehingga sel tidak dapat memompa ion natrium keluar cukup banyak. Konsentrasi ion natrium di dalam sel lebih tinggi dan air dapat masuk kedalam sel. Konsentrasi air yang berlebih ini mengakibatkan pembengkakan sel sehingga proses pertukaran nutrisi maupun zat lain terganggu (Fujaya, 2008).

b. Kongesti

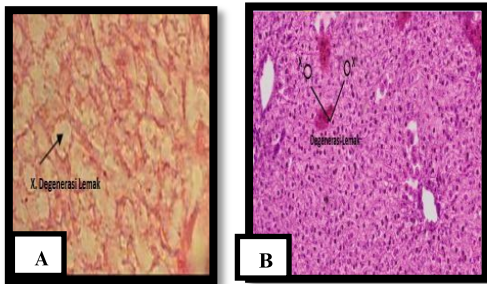
Pada bagian ini, dijelaskan bahwa kongesti merupakan keadaan yang ditandai dengan gejala meningkatnya volume darah dalam pembuluh darah yang melebar pada suatu bagian tubuh. Tanda pada histopatologi pada kongesti ini adalah adanya bintik darah dalam pembuluh darah yang disebabkan oleh paparan oleh agen kimia (Juhryyah, 2008). Kondisi Kongesti seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. (A) Kongesti Hati Ikan Bandeng (Alifia dan Djawad, 2000) dan (B) Potongan Melintang Hati yang Mengalami Kongesti (Putri, 2015).

c. Degenerasi Lemak

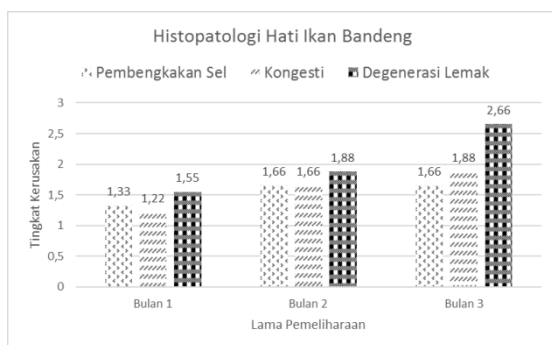
Ikan bandeng yang terakumulasi logam berat mengakibatkan degenerasi lemak pada organ hati (Alifia dan Djawad, 2000). Gejala ini ditandai dengan penampakan histologi berupa sitoplasma yang penuh dengan vakuola-vakuola seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. (A) Degenerasi Lemak Hati Ikan Bandeng (Alifia dan Djawad, 2000) dan (B) Potongan Melintang Hati yang Mengalami Degenerasi Lemak (Putri, 2015).

Sejalan dengan penelitian Silviany (2004), menjelaskan bahwa ikan yang terpapar logam timbal mengakibatkan hati mengalami degenerasi lemak.

Secara mikroskopis, sitoplasma dari sel-sel tampak bervakuola dan banyaknya lipid yang tertimbun didalam sel 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 (Anderson, 1995).



Sumber data: Putri (2015).

Gambar 4. Diagram Batang lama pemeliharaan terhadap nilai skoring tingkat kerusakan organ hati: Pembengkakan sel, Kongesti, Degenerasi lemak.

Lama pemeliharaan ikan bandeng pada tambak yang tercemar limbah Pb dan Cd tidak memberikan peningkatan terhadap nilai skoring kerusakan pembengkakan sel hati ($P > 0,01$), namun meningkatkan Kongesti dan

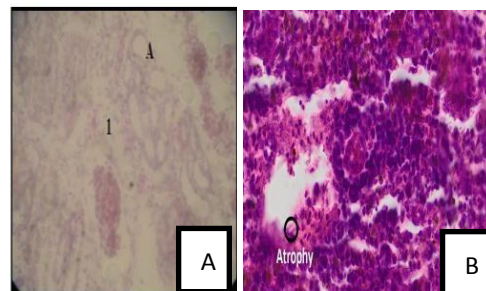
Degenerasi Lemak ($P < 0,01$). Sehingga semakin lama usia pemeliharaan tidak meningkatkan kerusakan pembengkakan sel hati, namun meningkatkan kerusakan Kongesti dan kerusakan Degenerasi lemak jaringan hati

3.3. Hasil Pengamatan Histopatologi Ginjal Ikan Bandeng

Pada bagian ini dijelaskan mengenai kerusakan yang terjadi pada ginjal ikan bandeng yang dibudidaya di tambak yang tercemar logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) yaitu atrophy, cloudy swelling, dan hyalinisasi glomerulus.

a. Atrophy

Atrophy dijelaskan sebagai suatu keadaan tidak wajar dimana jumlah dan volume sel di bawah normal sehingga garis luar sel tidak dapat terlihat jelas bahkan seringkali nukleus mengecil atau bahkan hilang sama sekali dan dapat menyebabkan kematian sel (Takashima dan Hibiya, 1995). Penyebabnya adalah penyerapan nutrisi yang menurun drastis akibat tingginya jumlah pencemar dalam ginjal.

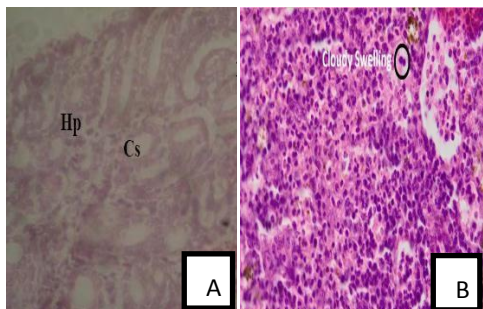


Gambar 5. (A) Kerusakan Jaringan Ginjal Ikan Pari Kembang (*Dasyatis kuhlii*) yang mengalami atrophy (Tresnati, *et al.*, 2007). (B) Potongan Melintang Ginjal Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) yang mengalami atrophy (Holil Lulloh, 2015).

Dijelaskan secara singkat mengenai mekanisme terjadinya atrophy yang diawali dengan adanya kandungan logam berat dalam darah yang akan menurunkan kinerja hemoglobin di ginjal sebagai pembawa oksigen. Kekurangan oksigen ini berdampak pada kematian sel yang diawali dengan mengecilnya sel atau bahkan hilang sama sekali (Tresnati *et al.*, 2007).

b. Cloudy Swelling

Cloudy swelling dijelaskan sebagai keadaan saat sel mengalami pembengkakan yang mengakibatkan inti sel menjadi terdesak ke arah luar. (Takashima dan Hibiya, 1995). Pada Gambar 6 ditunjukkan struktur sel ginjal yang mengalami kerusakan *cloudy swelling*.



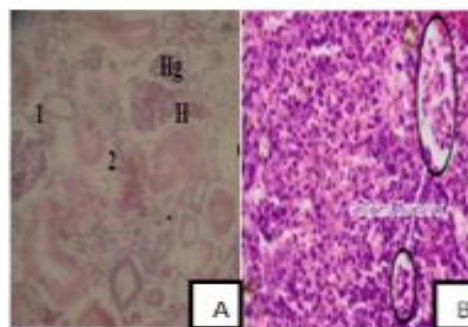
Gambar 6. (A) Kerusakan Jaringan Ginjal Ikan Pari Kembang (*Dasyatis kuhlii*) yang mengalami *cloudy swelling* (Tresnati, *at al.*, 2007). (B) Potongan Melintang Ginjal Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) yang mengalami *cloudy swelling* (Lulloh, 2015).

Menurut Anderson (1995), terjadinya *cloudy swelling* berawal dari sel yang berusaha melakukan adaptasi terhadap lingkungan eksternal dengan cara memompa ion natrium keluar dari sel.

Terakumulasinya logam berat sebagai bahan beracun didalam ginjal menyebabkan terganggunya proses metabolisme, sehingga sel tidak mampu memompa ion natrium keluar sel, keadaan ini mengakibatkan konsentrasi ion natrium didalam sel meningkat dan air masuk kedalam sel. Masuknya air berlebih ke dalam sel menyebabkan terjadinya *cloudy swelling*, sehingga ukuran sel bertambah dan inti sel terdesak ke tepi (Tresnati *et al.*, 2007).

c. Hiyalinisasi Glomerulus

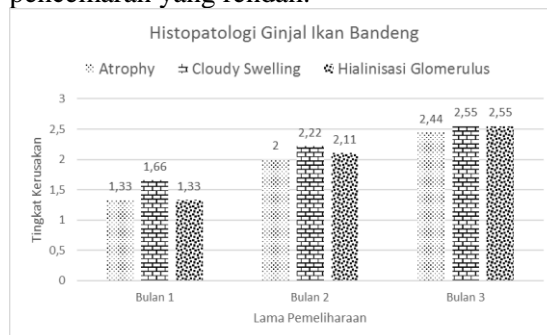
Hiyalinisasi glomerulus dijelaskan sebagai perkembangan produksi glomerulus yang abnormal dan disebabkan oleh adanya penyumbatan pada permukaan glomerulus (Tresnati, *at.al.*, 2007).



Gambar 7. (A) Kerusakan Jaringan Ginjal Ikan Pari Kembang (*Dasyatis kuhlii*) yang mengalami Hiyalinisasi glomerulus (Tresnati, *at al.*, 2007). (B) Potongan Melintang Ginjal Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) yang mengalami Hiyalinisasi glomerulus (Holil Lulloh, 2015).

Penelitian ini juga menduga bahwa terjadinya kerusakan Hiyalinisasi glomerulus diakibatkan karena pencemaran Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) yang telah melebihi ambang batas. Dijelaskan mekanisme terjadinya hyalinisasi glomerulus yang diawali dengan sel-sel penyusun glomerulus yang menjadi transparan (Panigoro, *et al.*, 2013).

Menurut Takashima dan Hibiya (1995), kondisi diatas ditandai dengan glomerulus dan renal tubule (komponen dasar ginjal) tidak jelas kenampakannya dan memproduksi granula secara berlebih. Hyalinisasi glomerulus merupakan suatu gejala kerusakan ditemukan pada organ ginjal dengan tingkat pencemaran yang rendah.



Sumber data: Holil Lulloh (2015).

Gambar 8. Diagram Batang lama pemeliharaan terhadap nilai skoring tingkat kerusakan organ ginjal:

Atrophy, Cloudy swelling, Hiyalinisasi Glomerulus.

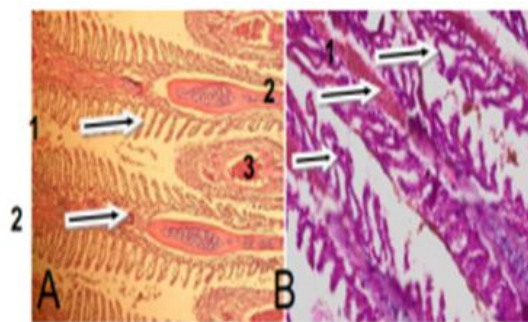
Lama pemeliharaan ikan bandeng pada tambak yang tercemar limbah Pb dan Cd memberikan peningkatan terhadap nilai skoring kerusakan atrophy dan Hiyalinisasi Glomerulus ($P < 0,01$) jaringan ginjal namun tidak meningkatkan kerusakan Cloudy swelling ($P > 0,01$). Sehingga semakin lama usia pemeliharaan meningkatkan kerusakan atrophy dan Hiyalinisasi Glomerulus namun tidak meningkatkan kerusakan Cloudy swelling sel ginjal.

3.4. Hasil Pengamatan Histopatologi Insang Ikan Bandeng

Pada bagian ini dijelaskan mengenai kerusakan yang terjadi pada insang ikan bandeng yang dibudidayakan di tambak yang diduga tercemar logam berat Kadmium (Cd) dan Timbal (Pb) yaitu hiperplasia, fusi, dan nekrosis.

a. Hiperplasia

Hiperplasia dijelaskan sebagai kerusakan yang dapat terjadi pada ikan dengan kondisi terpapar oleh bahan kimia beracun berupa logam berat. Hiperplasia merupakan penebalan jaringan epitel di ujung filamen yang memperlihatkan bentuk seperti pemukul bisbol. Dapat terjadi juga pada dekat dasar lamella yang membengkak pada bagian epiteliumnya (Feist, 2002).



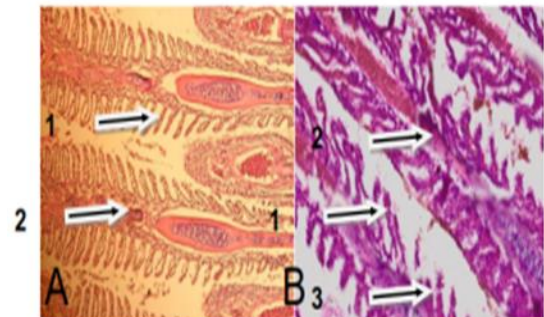
Gambar 9. Potongan melintang insang ikan bandeng Normal (A) 1. Lamela sekunder 2. Lamela primer (Setyawan, 2013). Terpapar logam berat (B) 1. Lamela sekunder 2. lamela primer 3. kerusakan hiperplasia, gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler

Olympus CX22 dengan perbesaran 100x (Wibisono, 2015).

Menurut Alvarado (2006), hiperplasia bisa dijadikan sebagai indikator biologi adanya zat toksik di perairan dan juga karena adanya gangguan transport ion pada sel. Hiperplasia berat ditandai terbentuknya ruang-ruang antar lamella sekunder terisi oleh sel-sel baru disertai terjadinya rupture epitel yang ditandai lepasnya sel-sel dari tiang penyangganya akhirnya lamela insang rusak dan tidak terlihat utuh lagi.

b. Fusi

Fusi merupakan kondisi dimana berkurangnya efisiensi difusi gas yang diakibatkan oleh kerusakan hiperplasia pada jaringan epitel insang ikan dan lamella sekunder melebur (Panigoro, *et al.*, 2013). Pembengkakan pada lamella sekunder dapat di hubungkan dengan edema lamella dan perubahan pada dasar arsitektur sel tiang (Robert, 2001).

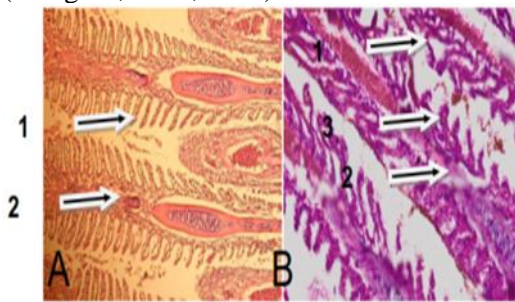


Gambar 10. Potongan melintang insang ikan bandeng Normal (A) 1. Lamela sekunder 2. Lamela primer (Setyawan, 2013). Terpapar logam berat (B) 1. Lamela sekunder 2. lamela primer 3. kerusakan fusi, gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan perbesaran 100x (Wibisono, 2015).

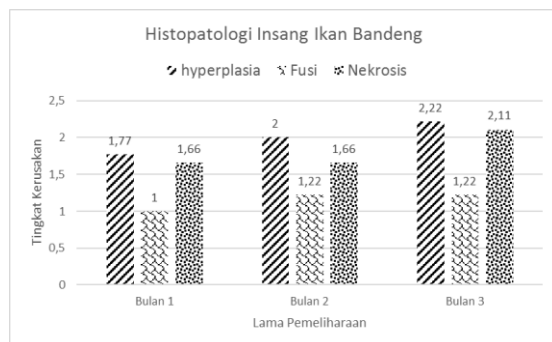
c. Nekrosis

Nekrosis dijelaskan sebagai kondisi pengeluaran yang berlebihan (hipersekreksi) yang menyebabkan oksigen dan nutrisi tidak dapat mencapai lokasi pada sel-sel epitel. Kondisi ini jika terus berlanjut maka akan mengakibatkan Nekrosis (kematian jaringan)

(Panigoro, *et al.*, 2013).



Gambar 11. Potongan melintang insang ikan bandeng normal. (A) 1. Lamela sekunder 2. Lamela primer (Setyawan, 2013). Terpapar logam berat (B) 1. Lamela sekunder 2. lamela primer 3. Kerusakan nekrosis, gambar diambil menggunakan Mikroskop Binokuler Olympus CX22 dengan perbesaran 100x (Wibisono, 2015).



Sumber data: Wibisono (2015).

Gambar 12. Diagram Batang lama pemeliharaan terhadap nilai skoring tingkat kerusakan organ Insang: Hiperplasia, Fusi, Nekrosis.

Lama pemeliharaan ikan bandeng pada tambak yang tercemar limbah Pb dan Cd memberikan peningkatan terhadap nilai skoring kerusakan Hyperplasia jaringan insang ($P < 0,01$). Namun tidak meningkatkan kerusakan Fusi dan Nekrosis jaringan insang ($P > 0,01$). Sehingga semakin lama usia pemeliharaan meningkatkan kerusakan Hyperplasia, namun tidak meningkatkan kerusakan Fusi dan Nekrosis.

3.5. Parameter Kualitas Air

Tabel 4. Parameter Kualitas Air pada Tambak Pemeliharaan

No	Variabel	Nilai Pengamatan	Batas yg diperbolehkan
1.	Suhu	29 °C	23-32(Kordi, 2008)
2.	pH	7,5	7-9(Kordi, 2008)
3.	DO	6,2	4-7(Kordi, 2008)
4.	Salinitas	17,8 ppt	10-30(Kordi, 2008)

Sumber data: Putri (2015).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Konsentrasi Logam berat di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur: Cd $< 0,0024$ mg/L dan Pb $< 0,0044$ mg/L.
2. Histopatologi organ hati menunjukkan kerusakan pembengkakan sel, kongesti, dan degenerasi lemak. Histologi organ ginjal menunjukkan kerusakan atrophy, *cloudy swelling* dan hialinisasi glomerulus. Histologi organ insang didapatkan kerusakan hiperplasia, fusi dan nekrosis.
3. Nilai kerusakan yang terjadi pada hati, ginjal dan insang ikan berbanding lurus dengan lama pemeliharaan ikan yang dibudidaya di tambak yang tercemar logam berat.

SARAN.

Diusulkan untuk melakukan pengendalian pencemaran logam berat dengan upaya penanaman mangrove disekitar tambak.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Alvarado N. E, Quesada K, Hylland I, Marigómez, L, Soto M. 2006.

- Quantitative changes in metallothionein expression in target cell-types in the gills of turbot (*Scophthalmus maximus*) exposed to Cd, Cu, Zn and after a depuration treatment.
- Anderson, P.S. 1995. Patofisiologi Konsep Klinis Proses. Proses Penyakit. Ahli Bahasa : Peter Anugerah. Jakarta : EGC. Penerbit Buku Kedokteran. 220 hlm.
- Anita, H., D. dan P. Susetyorini. 2012. The Proses of An Extradition Request To Ecuador United States Embassy In England. *Diponegoro Law Review*. 1 (2) : 1 - 9.
- Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta. 140 hal.
- Feist. 2002. Polusi Air dan Polusi Udara Fakultas Pangan Dan Gizi IPB. Bogor
- Fujaya, Y. 2008. Fisiologi Ikan Dasar Pengembangan Teknik Perikanan. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Holilulloh, M. 2015. Kajian Histopatologi Ginjal 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. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.
- 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.
- KMNLH. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut. 1489-1498.
- Kordi, M.G.H. 2008. Budi Daya Perairan Buku Kesatu. PT Citra Aditya Bakti. Bandung.
- Kurniasih. 1999. Penuntun Proses Jaringan dan Atlas Histologi Ikan. Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta. 148 hal.
- Panigoro, N., I. Astuti, M. Bahnan, PDC. Salfira dan K. Wakita. 2007. Tekni Dasar histologi dan Atlas Dasar-dasar Histopatologi Ikan. Balai Budidaya Air Tawar Jambi. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Departemen kelautan dan Perikanan dan Japan International Coperation Agency.
- Pantung, N., K. G. Helander, H. F. Helander and V. Cheevaporn. 2008. Histopathological Alterations of Hybrid Walking Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) in Acute and Subacute Cadmium Exposure. *Enviroment Asia*. 1: 22-27.
- Putri, V.D. 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. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

- Robert R. J. 2001. Fish Pathology 3rd Ed. W.B. Saunders. London.
- Sanusi H.S dan Putranto S. 2009. Kimia Laut dan Pencemaran , Proses Fisik Kimia dan Interaksi dengan Lingkungan. Bogor: Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor.
- Setyawan. N. 2013. Gambaran Mikroanatomi pada Insang Ikan Sebagai Indikator Pencemaran Logam Berat di Perairan Kaligarang Semarang. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Silviany, 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.
- Takashima. F dan T. Hiyah. 1995. An Atlas of Fish Histology. Normal and Phatological Features. Second Edition. Kondansha LTD. Tokyo. Vol 166, pp. 321 - 341.
- Tresnati. J dan M.I.Jawad. 2007. Kerusakan Ginjal Ikan Pari Kembang (*DasyatisKuhlui*) yang Diakibatkan Oleh Logam Berat Timbel (Pb). Jurnal Sains Dan Teknologi 7 (3) : 153 - 160.
- Wibisono, F.K.H. 2015. Kajian Histopatologi Insang Ikan Bandeng (*Chanos chanos*) Yang Dibudidayakan Di Tambak Yang Tercemar (Cd dan Pb) Di Desa Kalanganyar, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo Jawa Timur. Skripsi. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.