



**GAMBARAN MIKROANATOMI PADA INSANG IKAN
SEBAGAI INDIKATOR PENCEMARAN LOGAM BERAT
DI PERAIRAN KALIGARANG SEMARANG**

skripsi

disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Biologi

PERPUSTAKAAN
UNNES
Oleh
Nanang Setyawan
4450408018

JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2013

Abstrak

Setyawan, Nanang. Gambaran Mikroanatomi Insang pada Ikan sebagai Indikator Pencemaran Logam Berat di Perairan Kaligarang Semarang. Skripsi. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Semarang. Ir. Nana Kariadi Tri Martuti M.Si, dan Dra. Endah Peniati, M.Si.

Perairan Kaligarang merupakan perairan yang sangat penting bagi kehidupan penduduk di Kota Semarang. Masyarakat dan industri-industri di sepanjang perairan tersebut juga menggunakan air Perairan Kaligarang untuk keperluan proses produksi, sekaligus sebagai tempat pembuangan limbah pada akhir proses produksinya. Ikan sebagai salah satu biota air sering dijadikan sebagai salah satu indikator tingkat pencemaran yang terjadi di dalam perairan.

Ikan sebagai salah satu biota air sering dijadikan sebagai salah satu indikator tingkat pencemaran yang terjadi di dalam perairan. Jika di dalam tubuh ikan telah terkandung kadar logam berat yang tinggi dan melebihi batas normal yang telah ditentukan dapat menunjukkan tingkat pencemaran yang terjadi di perairan. Insang merupakan organ yang langsung bersentuhan dengan air, sehingga apabila air perairan Kaligarang mengandung polutan logam berat akan mengakibatkan kerusakan pada organ insang dan organ-organ yang berhubungan dengan insang. Hal inilah yang menjadi salah satu indikator tingkat pencemaran yang terjadi pada air perairan Kaligarang Semarang.

Penelitian ini menggunakan rancangan eksplorasi karena melihat dari tingkatan pencemaran logam berat dengan menggunakan ikan sebagai indikator. Pengambilan sampel diambil 2 kali yaitu pengambilan sampel pertama pada tanggal 11 November 2012 dan pengambilan sampel kedua pada tanggal 11 Desember 2012. Data dalam penelitian ini adalah data kualitatif berupa tingkat kerusakan mikroantomi insang ikan yang terindikasi logam berat kemudian dihubungkan dengan faktor lingkungan meliputi suhu, pH, BOD, COD.

Dari hasil pengamatan mikroanatomi insang ikan di perairan Kaligarang didapatkan gambaran tingkatan kerusakan mikroanatomi dari edema sampai ke nekrosis. Berdasarkan kriteria tingkat pencemaran menunjukkan bahwa Perairan Kaligarang berada dalam kondisi tercemar ringan sampai dengan berat. Di stasiun pertama terjadi tingkat kerusakan berat dilihat dari kerusakan mikroantomi insang ikan lebih dari 70% luasan pandang. Stasiun kedua terjadi tingkat sedang dilihat dari kerusakan mikroanatomi insang ikan 30%-70% luasan pandang. Stasiun ketiga terjadi tingkat kerusakan dalam tingkat pencemaran ringan dilihat dari kerusakan mikroanatomi insang ikan kurang dari 30% luasan pandang.

Berdasarkan pengamatan mikroanatomi insang ikan yang terindikasi logam berat terjadi kerusakan mikroanatomi sampai ke nekrosis. Berdasarkan kriteria tingkat pencemaran menunjukkan bahwa Perairan Kaligarang berada dalam kondisi tercemar ringan sampai dengan berat.

Kata kunci: mikroanatomi insang, perairan Kaligarang, bioindikator dan ikan.

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul “Gambaran Mikroanatomi Pada Insang Ikan Sebagai Indikator Pencemaran Logam Berat Di Perairan Kaligarang” disusun berdasarkan hasil penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing. Sumber informasi atau kutipan yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini. Skripsi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar dalam program sejenis di perguruan tinggi manapun.

Semarang, 29 April 2013

Nanang Setyawan
4450408018



PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

“Gambaran Mikroanatomi Pada Insang Ikan Sebagai Indikator Pencemaran Logam Berat Di Perairan Kaligarang” telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang pada tanggal 28 Maret 2013.

Panitia Ujian

Ketua

Sekretaris

Prof. Dr. Wiyanto, M.Si.
NIP. 1963 1012 1988 03 1001

Andin Irsadi, S. Pd, M.Si.
NIP. 19740310 2000 03 1001

Ketua Penguji

Dr. Nur Kusuma Dewi, M.Si.
NIP. 1900410198403 2 001

Anggota Penguji/Pembimbing I

Anggota Penguji/Pembimbing II

Ir. Nana Kariadi Tri Martuti M.Si.
NIP. 19660316199310 2 001

Dra. Endah Peniati, M.Si.
NIP. 19651116 199103 2 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul “Gambaran Mikroanatomi Pada Insang Ikan Sebagai Indikator Pencemaran Logam Berat Di Perairan Kaligarang” ini dapat diselesaikan dengan baik. Dalam penyusunan skripsi ini penulis telah mendapatkan bantuan, bimbingan, motivasi, dan pengalaman dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Negeri Semarang yang telah memberi kesempatan untuk belajar serta memberikan segala fasilitas.
2. Dekan FMIPA Unnes yang telah memberi kemudahan dan perijinan.
3. Ketua jurusan Biologi FMIPA Unnes yang telah memberi motivasi serta kemudahan dalam perijinan penelitian skripsi.
4. Ir. Nana Kariada Tri Martuti M.Si. Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan motivasi hingga selesainya skripsi ini.
5. Dra. Endah Peniati, M.Si. Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan motivasi hingga selesainya skripsi ini.
6. Dr. Nur Kusuma Dewi, M.Si. selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk menguji hasil skripsi peneliti agar menjadi lebih baik dan benar.
7. drh. R. Susanti, M.P, Dosen wali yang telah membimbing dan memotivasi.
8. Bapak Ibu Dosen dan karyawan Jurusan Biologi Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ilmu dan kemudahan selama menempuh kuliah.

9. Teknisi Laboratorium BBTPPI Semarang yang telah memberikan bantuan dan arahan selama penulis melakukan penelitian.
10. Bapak Wagiman Nashikin (Almarhum) yang selalu menjadi penyemangat, motivasi, suri tauladan keluarga, dan segala yang diberikan beliau merupakan sesuatu yang terbaik buat kami sekeluarga. Dalam doa dan kesuksesan kami persembahkan sebagai tanda hormat kami, bangga kami untuk mewujudkan impian-impian beliau.
11. Ibu Rochajati, Moh. Nursyamsi, Puji Ryanto, Sri Puji Hastuti, Ratnawati, SE., Yuli Dwi R, S. Kep., Agus Wibowo, Si., Ani Kurniawati dan teman-teman yang telah memberikan doa dan dukungan hingga skripsi ini terselesaikan.

Namun demikian penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Skripsi ini kemungkinan masih adanya beberapa kekurangan. Oleh karena itu, segala saran dan masukan dari semua pihak selalu diharapkan untuk perbaikan dan penyempurnaannya. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi masyarakat.

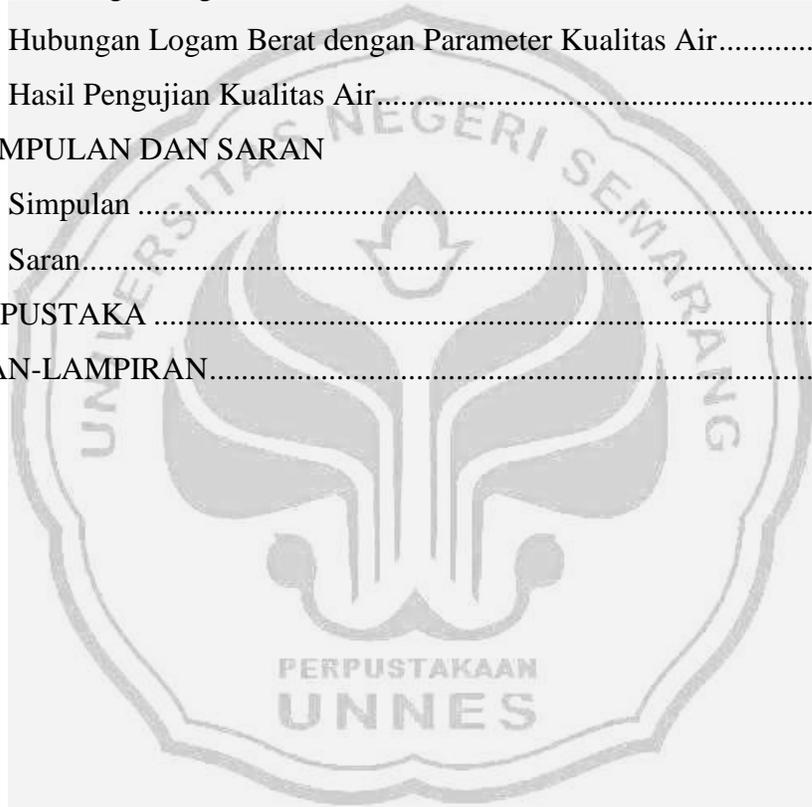
Semarang, 29 April 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Penegasan Istilah	4
D. Tujuan	5
E. Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengertian Pencemaran	6
B. Pencemaran Logam Berat	7
C. Sifat Logam Berat	8
D. Kandungan Logam Berat dalam Air	9
E. Mikroanatomi Insang Ikan	12
F. Faktor Lingkungan Air yang Berpengaruh Terhadap Organisme Aquatik	15
G. Jenis-jenis Ikan di Kaligarang	16
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	17
B. Populasi dan Sampel	17
C. Variabel Penelitian	17

D. Rancangan Penelitian	17
E. Alat dan Bahan	18
F. Prosedur Penelitian	19
G. Metode Pengumpulan Data	19
H. Metode Analisis Data	20
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Pengamatan Mikroanatomi Insang	21
B. Kandungan Logam Berat dalam Air	31
C. Hubungan Logam Berat dengan Parameter Kualitas Air.....	33
D. Hasil Pengujian Kualitas Air.....	34
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	
A. Simpulan	40
B. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	44



DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Tingkat kerusakan struktur mikroanatomi insang ikan di perairan Kaligarang.....	21
2. Data konsentrasi terlarut Pb pada sampel air di perairan Kaligarang.....	32
3. Data konsentrasi terlarut Cd pada sampel air di perairan Kaligarang.....	32
4. Data konsentrasi terlarut Hg pada sampel air di perairan Kaligarang.	33
5. Data faktor abiotik pada tiap stasiun pengamatan di perairan Kaligarang.	35

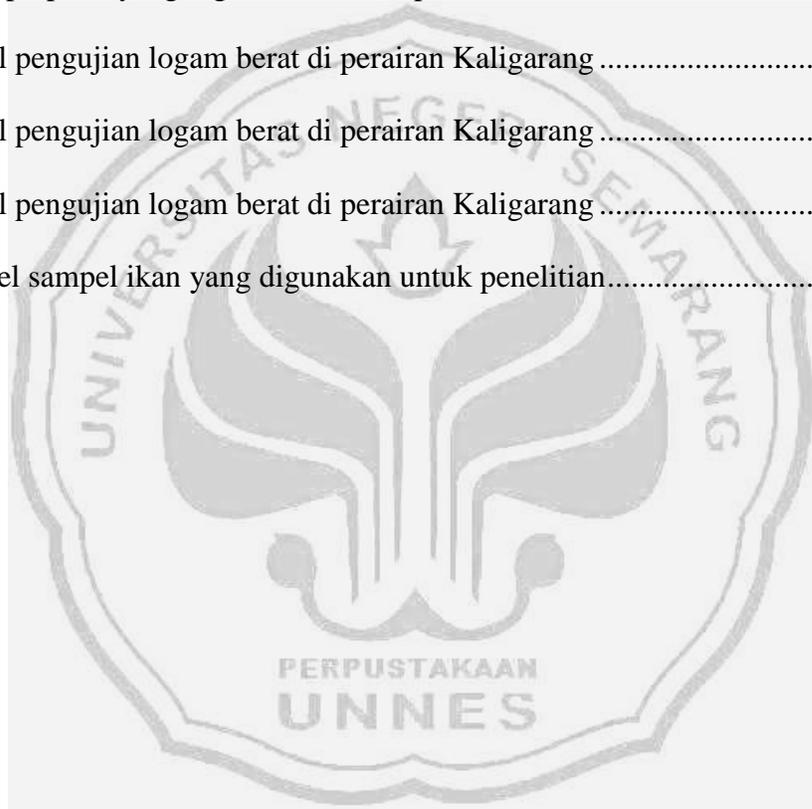


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Struktur Mikroanatomi Insang Ikan Normal.....	13
2. Peta Stasiun Pengambilan sampel di Perairan Kaligarang.....	18
3. Potongan melintang struktur mikroanatomi insang ikan nila di stasiun 2 Kode(B2).....	25
4. Potongan melintang struktur mikroanatomi insang ikan di stasiun 2 Kode(B5).....	26
5. Potongan melintang struktur mikroanatomi insang ikan nila di stasiun 2 kode(B1).....	26
6. Potongan melintang struktur mikroanatomi insang ikan nila di stasiun 3 kode(C5).....	27
7. Potongan melintang struktur mikroanatomi insang ikan nila di stasiun 3 Kode(C1).....	27
8. Potongan membujur struktur mikroanatomi insang ikan gabus di stasiun 3 kode(C4).....	28
9. Potongan melintang struktur mikroanatomi insang ikan nila di stasiun 1 Kode(A5).....	28
10. Potongan membujur stuktur mikroanatomi insang ikan nila di stasiun 1 kode(A3).....	29

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
I. Foto lokasi penelitian.....	44
II. Foto pengukuran faktor lingkungan di perairan Kaligarang.....	45
III. Foto sampel penelitian.....	46
IV. Foto preparat yang digunakan dalam penelitian.....	47
V. Hasil pengujian logam berat di perairan Kaligarang.....	48
VI. Hasil pengujian logam berat di perairan Kaligarang.....	49
VII. Hasil pengujian logam berat di perairan Kaligarang.....	50
VIII. Tabel sampel ikan yang digunakan untuk penelitian.....	51



BAB I

PENDAHULUAN

I. LATAR BELAKANG

Pertumbuhan penduduk dan populasi penduduk yang tinggi menimbulkan permasalahan bagi kelestarian lingkungan hidup. Tingkat kepadatan penduduk sangat berpengaruh terhadap tingkat intensitas aktivitas manusia. Semakin tinggi tingkat kepadatan penduduk maka semakin tinggi pula aktivitas yang terjadi di wilayah tersebut, sehingga kemungkinan itu memacu terjadinya pencemaran lingkungan. Aktivitas manusia dengan berbagai fasilitas yang modern memacu terjadinya pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lain kedalam lingkungan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai ke tingkat tertentu yang menjadi lingkungan kurang atau tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (UU No. 32 Tahun 2009).

Perairan Kaligarang merupakan perairan yang sangat penting bagi kehidupan penduduk di Kota Semarang. Selain masyarakat, industri-industri di sepanjang perairan tersebut juga menggunakan air perairan Kaligarang untuk keperluan proses produksi, sekaligus sebagai tempat pembuangan limbah pada akhir proses produksinya. Tercatat ada sejumlah industri yang membuang sisa proses produksinya ke perairan Kaligarang; antara lain industri farmasi, tekstil, dan besi. Industri-industri tersebut memanfaatkan perairan disekitarnya sebagai tempat buangan yang akan memberikan sumbangan penyebab menurunnya kualitas perairan Kaligarang. Selain dari industri dan limbah domestik, pencemaran yang berasal dari tempat pembuangan akhir (TPA Jatibarang) juga memiliki peranan dalam pencemaran.

Proses dekomposisi sampah dihasilkan dua fraksi besar yaitu fraksi organik dan fraksi anorganik. Fraksi anorganik ini mengandung berbagai mineral, diantaranya logam-logam berat. Logam berat yang terdapat di dalam sampah akan terdekomposisi

dan larut bersama terbentuknya lindi. Semua hasil dekomposisi ini membentuk satu kesatuan dengan tanah. Peranan tanah terhadap pengangkutan dan penghilangan bahan pencemar sangatlah besar. Proses pengangkutan tersebut ada bermacam-macam, diantaranya adalah dengan pengaliran dan peresapan.

Penampungan dan degradasi sampah akan menghasilkan air lindi (*leachate*) dari TPA Jatibarang yang merembes ke dalam tanah maupun mengalir ke permukaan tanah. Air lindi yang mengalir di permukaan tanah masuk ke dalam kolam penampungan. Di kolam ini, kandungan materi kimia dan biologi dikurangi melalui aerasi, kemudian dialirkan ke perairan Kreo. Air lindi membawa material tersuspensi dan terlarut yang merupakan hasil dari degradasi sampah. Komposisi air lindi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis sampah, dan kondisi spesifik setempat. Air lindi biasanya mengandung senyawa-senyawa organik (hidrokarbon, asam humat, fulfat, tanah dan galat) dan anorganik (natrium, kalium, magnesium, fosfat, sulfat dan senyawa logam berat) yang tinggi. Logam berat yang sering ditemukan dalam air lindi adalah arsen, besi, cadmium, kromium, merkuri, nikel, seng, tembaga dan timbal. Dari hasil pengukuran kadar logam berat pada air lindi dari TPA Jatibarang yakni kadar Pb sebesar 0,13 mg/l dan kadar Cd sebesar 0,09 mg/l (Sudarwin 2008).

Ada tiga konsep berkaitan dengan dampak pencemaran yaitu: biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi. Biokonsentrasi adalah proses masuknya zat kimia ke dalam tubuh organisme dan kemudian terakumulasi. Bioakumulasi lebih luas dari biokonsentrasi yang merupakan proses pengambilan dan retensi bahan pencemar oleh makhluk hidup yang mengakibatkan peningkatan kepekatan sehingga dapat menimbulkan pengaruh yang merusak (racun). Biomagnifikasi berkaitan dengan peningkatan konsentrasi suatu zat kimia (kontaminan) pada setiap tingkat tropik dari rantai makanan (Palar 2004).

Logam berat merupakan jenis logam yang memiliki densitas lebih dari 5 g/cm dengan sifat sulit terdegradasi, beracun jika dalam konsentrasi yang tinggi, dan cenderung terakumulasi dalam tubuh organisme (Mulyono, 2001). Kadar logam berat di dalam badan perairan akan naik sedikit demi sedikit karena aktivitas manusia yang menghasilkan buangan limbah domestik dan sisa buangan industri. Hasil buangan

akan membawa masuknya logam berat ke perairan akibatnya logam itu dapat terserap dan tertimbun dalam jaringan (bioakumulatif) dan pada konsentrasi tertentu akan merusak organ-organ dalam jaringan tubuh (Palar 2004). Logam berat merupakan unsur-unsur kimia yang mulai mendapat perhatian khusus sejak ditemukannya kasus Minamata diteluk Minamata Jepang pada tahun 1959 dan ramai dituding sebagai penyebab pencemaran air.

Salah satu hal yang perlu dilakukan dalam pengendalian dan pemantauan dampak lingkungan adalah melakukan analisis unsur-unsur logam berat seperti Hg, Cd dan Pb dalam biota air tawar. Hal ini untuk mengetahui seberapa besar tingkat pencemaran logam berat yang terjadi di perairan Kaligarang. Berdasar informasi dari Bapedal Propinsi Jawa Tengah (2005) ada 8 pabrik yang membuang limbahnya di Perairan Kaligarang, yaitu pabrik ubin, pabrik tekstil, pabrik pipa, pabrik minyak goreng, pabrik kosmetik, pabrik farmasi, pabrik baja siku, dan pabrik seng.

Kadar logam berat di dalam badan air akan naik sedikit demi sedikit karena ulah manusia, akibatnya logam itu dapat terserap dalam jaringan ikan, tertimbun dalam jaringan (bioakumulatif) dan pada konsentrasi tertentu akan dapat merusak organ-organ dalam jaringan tubuh. Sedangkan absorpsi logam berat oleh organisme perairan secara langsung biasanya melalui bagian tubuh ikan seperti insang (Palar 1994). Urutan tingkat toksisitas berbagai macam logam berat terhadap ikan adalah Hg > Cu > Pb > Cd > Al > Zn > Ni > Cr > Co > Mn. Kadar standar baku mutu logam berat yang dinyatakan dalam ppm (*part per million*) pada ikan adalah (Cd) 0,01 ppm, (Pb) 0,03 ppm, (Hg) 0,001 ppm (Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas PP No. 82/2001).

Ikan sebagai salah satu biota air sering dijadikan sebagai salah satu indikator tingkat pencemaran yang terjadi di dalam perairan. Jika di dalam tubuh ikan telah terkandung kadar logam berat yang tinggi dan melebihi batas normal yang telah ditentukan dapat menunjukkan tingkat pencemaran yang terjadi di lingkungan. Menurut Adnan (2004) kandungan logam berat dalam ikan seringkali dikaitkan dengan pembuangan limbah industri di sekitar tempat hidup ikan tersebut. Banyaknya logam berat yang terserap tubuh ikan bergantung pada bentuk senyawa dan

konsentrasi polutan, aktivitas mikroorganisme, tekstur sedimen, serta jenis ikan yang hidup di lingkungan tersebut.

Insang merupakan organ yang langsung bersentuhan dengan air, sehingga apabila air perairan Kaligarang mengandung polutan logam berat akan mengakibatkan kerusakan pada organ insang dan organ-organ yang berhubungan dengan insang. Hal inilah yang menjadi salah satu indikator tingkat pencemaran yang terjadi pada aliran perairan Kaligarang Semarang.

II. RUMUSAN MASALAH

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana gambaran mikroanatomi pada insang ikan sebagai indikator pencemaran logam berat di perairan Kaligarang Semarang?

III. PENEGASAN ISTILAH

Untuk menghindari adanya perbedaan pengertian dalam penelitian ini maka perlu diberikan penjelasan tentang beberapa istilah sebagai berikut:

A. Struktur Mikroanatomi Insang Ikan

Struktur mikroanatomi insang ikan yaitu struktur bagian dalam tubuh yang bersifat mikroskopis. Dalam penelitian ini mikroanatomi yang diteliti ialah bagian struktur mikroanatomi pada lamella primer dan lamella sekunder yang berupa edema, hiperplasia, fusi lamella, atropi dan nekrosis.

B. Perairan Kaligarang

Perairan Kaligarang merupakan perairan terbesar di Kota Semarang dengan koordinate: $7^{\circ}7'45''S$ $110^{\circ}23'59''E$ memiliki aliran yang bermula dari mata air di Gunung Ungaran selanjutnya melewati wilayah Kabupaten Ungaran, jembatan Kradenan Semarang, Tugu Soeharto Semarang, muara dari Pasar Sampangan, PDAM Kota Semarang, Petompon Semarang, Pleret, Lemahgempal Semarang dan berlanjut di perairan Banjir Kanal Barat kemudian berujung di muara perairan Kaligarang.

C. Logam Berat

Logam berat yang diteliti dalam penelitian ini adalah logam berat yang mencemari perairan Kaligarang diantaranya Logam berat merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan timbal (Pb).

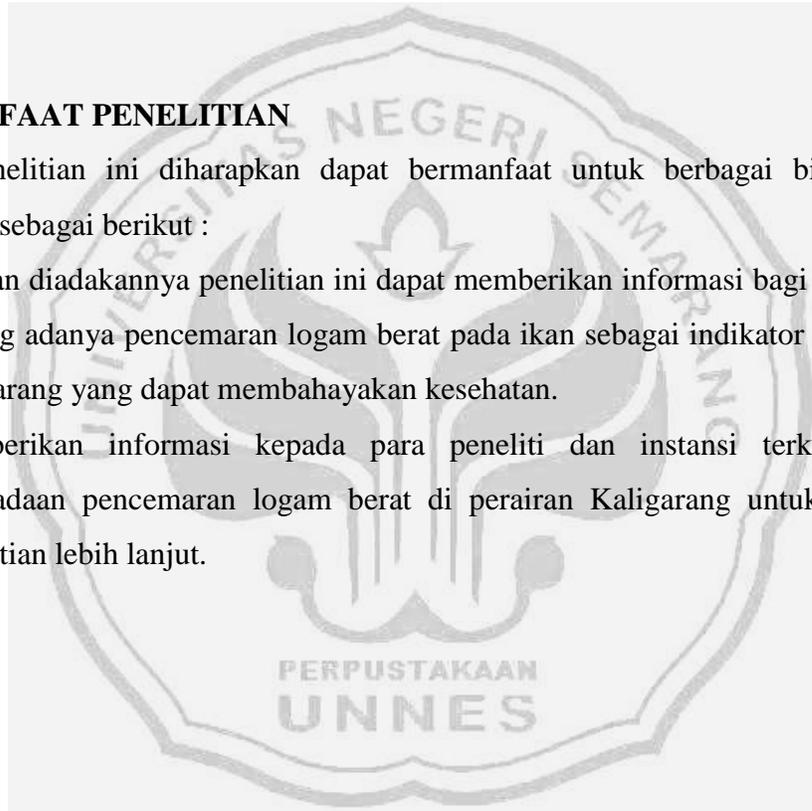
IV. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui gambaran mikroanatomi pada insang ikan sebagai indikator pencemaran logam berat di perairan Kaligarang Semarang.

V. MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk berbagai bidang yang berkaitan, sebagai berikut :

1. Dengan diadakannya penelitian ini dapat memberikan informasi bagi masyarakat tentang adanya pencemaran logam berat pada ikan sebagai indikator di perairan Kaligarang yang dapat membahayakan kesehatan.
2. Memberikan informasi kepada para peneliti dan instansi terkait tentang keberadaan pencemaran logam berat di perairan Kaligarang untuk dilakukan penelitian lebih lanjut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Pencemaran

Pencemaran lingkungan hidup menurut UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, menyebutkan bahwa pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui Baku Mutu Lingkungan Hidup yang telah ditetapkan (UU. RI. Nomor 32 Tahun 2009).

Suatu lingkungan hidup dikatakan tercemar apabila telah terjadi perubahan-perubahan dalam tatanan lingkungan itu, masuk atau dimasukkan suatu benda lain yang kemudian memberikan pengaruh buruk terhadap bagian-bagian yang menyusun tatanan lingkungan hidup itu sendiri, sehingga dapat menghapuskan satu atau lebih dari mata rantai dalam tatanan tersebut. Sedangkan suatu pencemar atau polutan adalah setiap benda, zat ataupun organisme hidup yang masuk ke dalam suatu tatanan alami dan kemudian mendatangkan perubahan-perubahan yang bersifat negative terhadap tatanan yang dimasukinya (Palar 2004). Pencemaran air didefinisikan sebagai pembuangan substansi dengan karakteristik dan jumlah yang menyebabkan estetika, bau, dan rasa menjadi terganggu dan atau menimbulkan potensi kontaminasi (Suripin 2002).

Untuk menentukan bahwa suatu perairan tidak sesuai lagi dengan peruntukannya, ditetapkan standar yang disebut Baku Mutu untuk air sungai. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi mutu air digolongkan menjadi 4 kelas sesuai peruntukannya yakni sebagai berikut:

1. Air kelas I, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku atau air minum dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Air kelas II, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi

- pertanaman, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Air kelas III, air yang dipruntukkannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
 4. Air kelas IV, air yang peruntukkannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

B. Bioindikator Pencemaran Air

Bioindikator merupakan spesies atau kelompok spesies yang dapat memberikan informasi tentang kualitas suatu kondisi lingkungan atau sebagian dari organ lingkungan (Kettrup 2003). Bioindikator digunakan untuk menjelaskan pengaruh perubahan lingkungan pada skala ruang dan waktu (Markert *et al* 2003). Menurut Ansari *et al* (2004), tingkat konsentrasi logam berat pada organisme air seringkali proporsional dengan tingkat konsentrasi logam berat pada perairannya, sehingga dapat digunakan sebagai indikator biologi pencemaran logam berat.

Bioindikator adalah organisme yang menunjukkan sensitivitas atau toleransi terhadap kondisi lingkungan sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai alat penilai kondisi lingkungan. Spesies indikator merupakan spesies yang memiliki amplitud terhadap satu atau beberapa pengaruh faktor lingkungan yang sempit. Lebih lanjut, bioindikator didefinisikan sebagai spesies atau kelompok spesies yang secara cepat dapat menggambarkan kondisi lingkungan abiotik maupun biotik atau menggambarkan dampak perubahan lingkungan dari sebuah habitat, komunitas atau ekosistem atau mengindikasikan keragaman dari kelompok takson, atau keragaman secara keseluruhan di dalam suatu kawasan (Mc Geoch 1998).

C. Pencemaran Logam Berat

Pencemaran logam berat pada dasarnya terjadi akibat terbawa oleh air, udara maupun dari aktivitas manusia. Apabila air telah tercemar oleh komponen-komponen anorganik, maka didalamnya dapat mengandung berbagai logam berat yang

berbahaya. Pencemar logam berat merupakan 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, meskipun ada beberapa logam berat yang diperlukan dalam jumlah kecil (Sunu 2001).

Menurut Connel & Miller (1995) kegiatan manusia merupakan suatu sumber utama pemasukan logam berat ke dalam lingkungan perairan. Masuknya logam berat berasal dari buangan langsung berbagai jenis limbah yang beracun. Wittman (1979) mengemukakan tentang masuknya logam ke lingkungan perairan sebagai berikut: kegiatan pertambangan (peleburan dan penyulingan minyak yang dapat menyebabkan hamburan dan penimbunan sejumlah logam berat seperti Pb), limbah rumah tangga (sampah-sampah metabolik, korosi pipa air, detergen) limbah buangan industri dan aliran pertanian (zat kimia, mikrobiologi berasal dari kotoran ternak).

Keberadaan logam berat di badan perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan diantaranya adalah suhu, pH, dan salinitas. Temperatur sangat berpengaruh terhadap kelarutan logam berat di perairan. Naiknya suhu di suatu perairan akan menyebabkan penurunan konsentrasi logam berat, karena senyawa ini mudah menguap ke udara dengan adanya proses fisika di udara seperti cahaya (pada reaksi fotolisis) sehingga akan terurai menjadi senyawa-senyawa metana, etana dan logam berat. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan logam dalam air, karena pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar 2004).

D. Sifat Logam Berat

Unsur logam ditemukan secara luas diseluruh perairan. Mulai dari tanah dan batuan, badan air bahkan lapisan atmosfer yang menyelimuti bumi. Logam berat selalu digunakan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya sebagai bahan perlengkapan industri, perlengkapan rumah tangga sampai bidang pertanian yang berbahan dasar besi. Besi adalah logam dalam kelompok makromineral didalam

kerak bumi, tetapi termasuk kelompok mikro dalam sistem biologi. Logam ini mungkin logam pertama ditemukan dan digunakan oleh manusia sebagai alat pertanian dan industri. Dalam tubuh manusia juga memerlukan unsur logam besi (Fe) dibutuhkan dalam darah untuk mengikat oksigen (Palar 2004).

Istilah logam biasanya diberikan kepada semua unsur-unsur kimia dengan ketentuan atau kaidah-kaidah tertentu. Unsur logam dalam kondisi suhu kamar, tidak selalu berbentuk padat melainkan ada yang berbentuk cair (Palar 2004). Logam adalah unsur-unsur kimia yang memiliki kemampuan sebagai penghantar listrik (konduktor) dan penghantar panas, memiliki rapatan tinggi, dapat membentuk alloy dengan logam lain dan untuk logam berbentuk padat dapat ditempa dan dibentuk. Disamping itu, semua unsur logam baik logam padat maupun cair akan memberikan ion positif (+) apabila senyawanya dilarutkan dalam air (Palar 2004).

Logam berat ialah benda padat atau cair yang mempunyai berat 5 gram atau lebih untuk setiap cm^3 , sedangkan logam yang beratnya kurang dari 5 gram adalah logam ringan. Logam berat berdasarkan kebutuhannya dibedakan menjadi logam esensial yaitu logam yang bermanfaat seperti kobalt dalam tubuh makhluk hidup biasanya vitamin kobalamin (B12), manganese bersama-sama dengan Ca dan P membentuk sistem tulang dan gigi sedangkan Se berperan dalam sistem enzim glutathione peroxidase. Sedangkan logam berat non esensial merupakan logam berat yang keberadaannya dalam tubuh organism belum diketahui manfaatnya seperti merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), kromium (Cr) (Mulyanto 1992).

Logam berat merupakan senyawa kimia yang sangat berpotensi menimbulkan masalah pencemaran lingkungan terutama yang berkaitan erat terhadap dampak kesehatan manusia (Anonymus 2007). Menurut Palar (2004), logam berat merupakan golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam yang lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan masuknya ke dalam tubuh organisme hidup. Logam berat biasanya menimbun efek-efek khusus pada makhluk hidup, bila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh.

Karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut:

1. Memiliki spesifikasi gravitasi yang sangat besar (lebih dari 4).
2. Mempunyai nomor atom 22-34 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida.
3. Mempunyai respon biokimia khas (spesifik) pada organisme hidup.

E. Kandungan Logam Berat dalam Air

Logam berat biasanya ditemukan sangat sedikit dalam air secara alamiah, yaitu kurang dari 1 µg/l. Bila terjadi erosi alamiah, konsentrasi logam berat tersebut dapat meningkat. Beberapa macam logam biasanya lebih dominan daripada logam lainnya dan dalam air biasanya tergantung pada asal sumber air (air tanah dan air permukaan). Disamping itu jenis air (air tawar, air payau dan air laut) juga mempengaruhi kandungan logam di dalamnya. Kandungan logam berat yang paling banyak terkandung dalam permukaan menurut Darmono (2001) meliputi Hg, Cd dan Pb.

1. Merkuri (Hg)

Logam merkuri atau air raksa mempunyai nama *hydrargyrum* yang beteraikan perak cair. Logam merkuri dilambangkan dengan Hg. Merkuri merupakan salah satu logam transisi dengan golongan IIB dan memiliki nomor atom 80, memiliki bobot atom 200,59 adalah satu-satunya logam yang berbentuk cair. Merkuri merupakan elemen alami oleh karena itu sering mencemari lingkungan. Kebanyakan merkuri yang ditemukan di alam terdapat dalam gabungan dengan elemen lainnya dan jarang ditemukan dalam bentuk elemen terpisah. Merkuri dan komponen-komponen merkuri banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan. Sifat-sifat kimia dan fisik merkuri membuat logam tersebut banyak digunakan untuk keperluan ilmiah dan industri. Beberapa sifat tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Merkuri merupakan satu-satunya yang berbentuk cair pada suhu kamar (25 °C) dan mempunyai titik beku terendah dari semua logam yaitu -39 °C.
- b. Banyak logam yang larut dalam merkuri membentuk komponen yang disebut amalgam (alloy).
- c. Sifat kimia yang stabil terutama di lingkungan sedimen.

- d. Mempunyai sifat yang mengikat protein, sehingga mudah terjadi biokonsentrasi pada tubuh organism air melalui rantai makanan.
- e. Mudah menguap dan mudah mengemisi atau melepaskan uap merkuri beracun walupun pada suhu ruang.
- f. Pada fase padat berwarna abu-abu dan pada fase cair berwarna putih perak.
- g. Uap merkuri di atmosfer dapat bertahan selama 3 bulan sampai 3 tahun, sedangkan bentuk yang melarut dalam air hanya bertahan beberapa minggu (Nicodemus 2003).

Merkuri (Hg) dilepaskan sebagai uap, yang kemudian mengalami kondensasi, sedangkan gas-gas lainnya mungkin terlepas di atmosfer. Adapun bentuk merkuri di alam antara lain;

- a. Merkuri anorganik, termasuk logam merkuri (Hg⁺) dan garam-garamnya seperti merkuri klorida dan merkuri oksida.
- b. Merkuri organik atau organomerkuri, terdiri dari aril merkuri yang mengandung hidrokarbon aromatic seperti fenil merkuri asetat dan alkil merkuri yang mengandung hidrokarbon alifatik dan merupakan merkuri yang paling beracun seperti metal merkuri, etil merkuri (Sunu 2001).

Merkuri digunakan dalam berbagai bentuk dan berbagai keperluan, berdasarkan sifatnya yang logam, sifat cair, dan rapatanya yang tinggi jadi merkuri (Hg) banyak digunakan dalam thermometer, barometer pengatur tekanan gas dan alat-alat listrik. Selain itu, senyawa merkuri juga digunakan dalam pembuatan cat, komponen listrik, baterai, ekstraksi emas perak, senyawa anti karat dan pada bidang pertanian, senyawa merkuri banyak digunakan sebagai fungisida, hal ini menjadi penyebab yang cukup penting dalam proses keracunan pada organism hidup (Palar 2004).

2. Kadmium (Cd)

Logam kadmium mempunyai berat atom 112.41; titik cair 321°C dan massa jenis 8.65 gr/ml (Hutagalung 1991). Keberadaan kadmium di alam berhubungan erat dengan hadirnya logam Pb dan Zn. Dalam industri pertambangan Pb dan Zn, proses pemurnianya akan selalu memperoleh hasil samping kadmium yang terbuang dalam

lingkungan (Palar 2004). Kadmium digunakan sebagai pigmen dalam pembuatan keramik, penyepuhan listrik, pembuatan alloy dan baterai alkali (Lu 1995).

3. Timbal (Pb)

Timbal Pb merupakan persenyawaan kimia yang bersifat toksik dalam kehidupan makhluk hidup dan lingkungannya. Timbal Pb dan persenyawaannya dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia. Timbal Pb yang masuk ke dalam badan perairan sebagai dampak dari aktivitas kehidupan manusia ada bermacam bentuk. Diantaranya adalah air buangan (limbah) dari industri yang berkaitan dengan Timbal Pb, air buangan dari pertambangan bijih timah hitam dan sisa industri baterai. Buangan-buangan tersebut akan jatuh pada jalur-jalur perairan seperti anak-anak perairan untuk kemudian akan dibawa terus menuju lautan.

Salah satu logam non esensial yang terdapat dalam perairan adalah timbal (Pb) dimana penggunaannya sebagai zat tambahan pada bahan bakar dan pigmen zat merupakan penyebab utama peningkatan jumlah kadar timbal (Pb) di lingkungan. Akibat aktifitas manusia, air buangan limbah industri dan pertambangan akan mencemari aliran perairan hingga mencapai laut. Sampai pada batas tertentu yang melebihi daya dukung lingkungan, maka keberadaan logam berat dapat bersifat racun bagi organisme perairan (Darmono 2001).

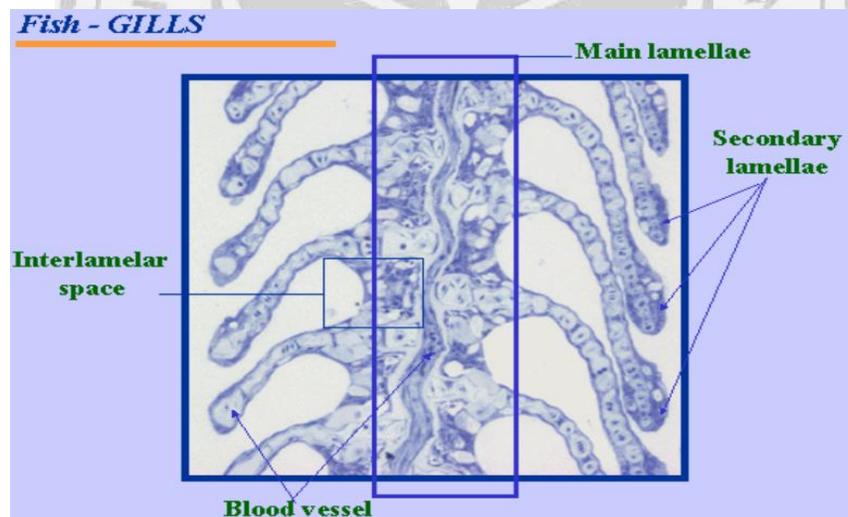
Secara umum timbal Pb mempunyai sifat-sifat, logam yang mudah menguap dan merupakan unsur kimia yang beracun bagi semua makhluk hidup, baik itu dalam bentuk unsur logam ataupun dalam bentuk persenyawaan. Dalam air tawar maupun air laut, logam itu selalu ada tergantung kadarnya dalam perairan.

Kelarutan dari unsur-unsur logam berat dalam badan perairan dikontrol oleh pH badan air, jenis konsentrasi logam dan keadaan mineral teroksidasi (Palar 2004). Beberapa pengaruh toksisitas logam pada ikan yang telah terpapar logam berat yaitu pada insang, alat pencernaan, hati dan ginjal (Dinata 2004). Insang merupakan organ yang dimiliki ikan sebagai alat utama pernafasan. Selain sebagai alat pernafasan ikan, juga digunakan sebagai pengatur tekanan antara air dan dalam tubuh ikan (osmoregulasi). Oleh sebab itu insang merupakan organ yang penting pada ikan.

Sebagian besar kematian ikan yang disebabkan oleh bahan pencemar terjadi karena kerusakan pada bagian insang dan organ-organ yang berhubungan dengan insang. Letaknya diluar dan berhubungan langsung dengan air sebagai media hidupnya, maka organ inilah yang pertama kali mendapat pengaruh apabila lingkungan air tercemar oleh bahan pencemar baik yang terlarut maupun yang tersuspensi (Sandi1994).

F. Mikroanatomi Insang Ikan

Insang terdiri dari sepasang filament insang. Setiap filament terdiri dari serat melintang yang tertutup ephitelium yang tipis disebut lamella. Lamella merupakan penyusun filamen. Sebuah rangkaian lamella pada satu sisi dari septum interbranchiale disebut hemibranchium. Dua hemibranchium dan septum interbranchia membentuk insang lengkap disebut holobranchia. (Lagler *et al* 1997). Struktur insang pada ikan normal dapat dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1. Histologi Normal Insang Ikan.

Pada filamen insang terdapat sejumlah besar lamella. Tepi-tepi bebas lamella sangat tipis ditutupi epithelium berisi jaringan kapiler yang disokong oleh sel pilaster. Sel pilaster berfungsi membatasi sel epithelium dengan kapiler darah. Lamella sekunder kaya akan eritrosit. Lamella sekunder insang berupa lipatan lembaran melintang, tipis, dinding luarnya terdiri dari selapis sel epithelium pipih dan di bawahnya terdapat lapisan sub epithelium yang sangat tipis dan terdiri dari jaringan ikat. Selubung epithelium dibungkus oleh lapisan vaskuler medial, merupakan anyaman kapiler darah dari arteri brachialis efferent sel-sel pilaster dari eritrosit.

Keberhasilan ikan dalam mendapat oksigen tergantung daya dukung lingkungan dan terutama kemampuan fungsi insang untuk menangkap oksigen dalam perairan. Proses penyerapan oksigen dalam jaringan insang dilakukan oleh darah yang mengalir ke dalam filamen-filamen insang dan akibat adanya perbedaan tekanan gas antara darah dan filamen dengan air, maka akan terjadi difusi gas-gas. Oleh karena itu kondisi insang sangat menentukan kelangsungan hidup ikan. Ikan yang mengalami gangguan pernafasan akibat adanya pengaruh benda asing atau racun yang dapat menyebabkan rusaknya jaringan insang dapat mengganggu proses pernafasan dan lebih lanjut dapat mengakibatkan kematian (Lagler *et al* 1997).

Transport gas pernafasan dilakukan melalui epitel khusus yaitu filament insang dan lamella yang disebut epithelium respiratorik, yang biasanya tipis disesuaikan dengan kepentingan pertukaran gas (Lauren 1984). Pada ikan filamen insang tersusun transversal dan pada permukaan atas dan bawahnya terdapat banyak lipatan-lipatan transversal sekunder yang disebut lamella sekunder. Lamella ini selain berfungsi dalam pertukaran gas respiratorik juga berfungsi dalam mengatur keseimbangan air dan elektrolit. Untuk menentukan tingkat pengaruh pencemaran di lingkungan akuatik, kerusakan insang dapat dikategorikan berdasarkan tingkatan perubahan-perubahan anatomi lamella sekunder dan filamen insang.

Kerusakan insang dari tingkat ringan hingga berat dirumuskan berdasarkan metode Tandjung (1982) sebagai berikut:

1. Edema pada lamella menandakan telah terjadi kontaminasi tetapi belum ada pencemaran. Edema adalah pembengkakan sel atau penimbunan cairan secara berlebihan di dalam jaringan tubuh.
2. Hiperplasia pada pangkal lamella. Hiperplasia adalah pembentukan jaringan secara berlebihan karena bertambahnya jumlah sel (Laksmna 2003). Hal ini merupakan indikator adanya pencemaran.
3. Fusi dua lamella (pencemaran tingkat awal).
4. Hiperplasia hampir pada seluruh lamella sekunder, telah terjadi pencemaran.
5. Rusaknya atau hilangnya struktur filamen insang (pencemaran berat).

G. Faktor lingkungan air yang berpengaruh terhadap organisme aquatik

Toksisitas suatu bahan pencemar terhadap organisme dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan antara lain : suhu, pH, dan oksigen terlarut (*Dissolve of Oxygen / DO*)

1. Suhu

Suhu air mempunyai peran penting dalam kecepatan laju metabolisme dan respirasi biota air serta metabolise ekosistem perairan. Organisme perairan seperti ikan mampu hidup baik pada kisaran suhu 20-30°C. Perubahan suhu di bawah 20°C atau di atas 30°C menyebabkan ikan mengalami stres yang biasanya diikuti oleh menurunnya daya cerna. Kusumastanto (2004) mengatakan dari sejumlah penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat terakumulasi dengan bertambahnya atau meningkatnya suhu lingkungan. Suhu juga sangat berperan dalam proses metabolisme di dalam tubuh ikan. Connel(1995) mengatakan peningkatan suhu dapat menurunkan daya tahan tubuh terhadap racun atau bahan asing dari luar.

2. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan derivat keasaman air suatu perairan yang dapat mencerminkan produktivitas hayati dan merupakan faktor-faktor pembatas bagi organisme air, sebagian besar biota perairan sensitif terhadap

perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7-8,5 (Efendi 2003). Derajat keasaman (pH) sangat penting sebagai parameter kualitas air karena mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan di dalam air, selain itu ikan dan makhluk-makhluk akuatik lainnya hidup pada selang pH tertentu. Sub-optimal pH berakibat buruk pada spesies kultur dan menyebabkan ikan stress, mudah terserang penyakit, produktifitas dan pertumbuhan rendah. Menurut Barus (2002) pH 7-8,5 merupakan pH yang optimal bagi pertumbuhan ikan. Connell dan Miller (1995) menyatakan bahwa kenaikan pH di perairan akan diikuti dengan penurunan kelarutan logam berat, sehingga logam berat cenderung mengendap.

3. Oksigen terlarut

Oksigen terlarut adalah gas untuk respirasi yang sering merupakan faktor pembatas dalam lingkungan hidup di air tawar. Menurut Barus (2002) Oksigen terlarut pada air yang ideal adalah 5,4 - 6,2 mg/l. Jika kurang dari itu maka resiko kematian dari ikan akan semakin tinggi. Ditinjau dari ekosistem, kadar oksigen terlarut akan menentukan kecepatan metabolisme dan respirasi dari seluruh ekosistem, karena kadar oksigen sangat penting bagi kelangsungan hidup. Menurut Krisna (2009) tingginya oksigen terlarut berkaitan dengan banyaknya bahan-bahan organik dari limbah industri yang mengandung bahan yang tereduksi.

H. Jenis-jenis ikan di Perairan Kaligarang

Ikan dapat digunakan sebagai bioindikator karena mempunyai kemampuan merespon adanya bahan pencemar. Ikan dapat menunjukkan reaksi terhadap perubahan fisik air maupun terhadap adanya senyawa pencemar yang terlarut dalam batas konsentrasi tertentu. Reaksi yang dimaksud antara lain adanya perubahan aktivitas pernafasan, aktivitas dan gerakan renang, warna tubuh ikan dan sebagainya. Kemampuan ikan merespon bahan pencemar sering digunakan dalam pengujian penanganan limbah industri. Berbagai jenis ikan ditemukan di Perairan Kaligarang Semarang, seperti lele, mujair, nilem, wader, nila (*sumber : hasil observasi dan diskusi dengan warga sekitar*).

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel ikan yang terindikasi terpapar logam berat ini dilakukan di perairan Kaligarang Semarang dalam 2 kali pengambilan. Pengambilan sampel pertama pada tanggal 11 November 2012 dan Pengambilan sampel kedua pada tanggal 2 Desember 2012. Stasiun pertama berada di aliran perairan Kaligarang yang melewati Tempuran (Lerep) Ungaran, stasiun kedua berada di aliran perairan Kaligarang setelah pertemuan antara perairan Kreo dan perairan Kripik, sedangkan stasiun ketiga berada di aliran perairan Kaligarang yang berada di sekitar PDAM Tirta Modal.

B. Populasi dan Sampel

Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah berbagai jenis ikan yang didapatkan di aliran perairan Kaligarang Semarang. Sampel ikan yang digunakan pada penelitian ini adalah ikan yang ditangkap dengan menggunakan jala ikan di aliran perairan Kaligarang Semarang dengan karakteristik sampel dengan panjang rata-rata 5-6 cm dan berat ikan 17gr -19 gr.

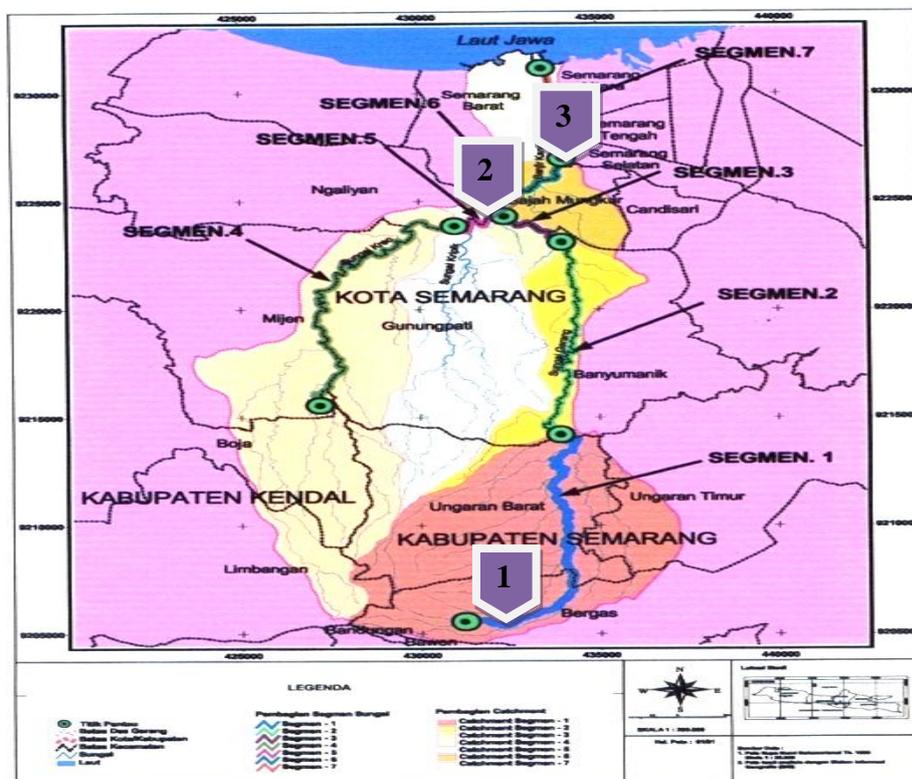
C. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas: konsentrasi limbah logam berat di perairan Kaligarang Semarang.
2. Variabel terikat: struktur mikroanatomi insang ikan di perairan Kaligarang Semarang.
3. Variabel pra kondisi : suhu air, pH air, COD, BOD.

D. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksplorasi karena melihat dari tingkatan pencemaran logam berat dengan menggunakan ikan sebagai indikator. Pengambilan sampel diambil 2 kali

yaitu pengambilan sampel pertama pada tanggal 11 November 2012 dan pengambilan sampel kedua pada tanggal 11 Desember 2012.



Gambar 2. Peta perairan Kaligarang (Dewi 2012).

Keterangan peta pengambilan sampel:

1. Aliran perairan Kaligarang yang melewati Tempuran (Lerep), Ungaran.
2. Aliran perairan Kaligarang setelah pertemuan antara perairan Kreo dan perairan Kripik.
3. Aliran perairan Kaligarang yang berada di sekitar PDAM Tirta Modal.

E. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah jala ikan untuk pengambilan sampel ikan, pH meter untuk mengukur pH air, thermometer digital untuk mengukur suhu air perairan, botol flakon untuk tempat menyimpan sampel insang ikan, botol air minum sebagai tempat penyimpanan air perairan, kertas label sebagai penanda, dan alat bedah.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah berbagai jenis ikan yang berasal dari 3 stasiun yang telah ditetapkan, hasil uji kandungan senyawa kimia yang berasal dari air perairan Kaligarang, bahan-bahan pembuat preparat mikroskop anatomi insang dengan metode parafin dengan pewarnaan Hematoxylin-Eosin (HE).

F. Prosedur Penelitian

1. Tahap persiapan

Dilakukan survei lapangan untuk memperoleh informasi awal, menentukan lokasi pengambilan sampel serta menentukan titik pengambilan sampel serta menyiapkan alat dan bahan yang telah digunakan dalam penelitian.

2. Tahap pelaksanaan:

- a. Melakukan uji kandungan logam berat dalam air.
- b. Mengambil sampel ikan dengan menggunakan jala ikan yang dibantu oleh nelayan ikan di perairan Kaligarang.
- c. Melakukan pembedahan ikan untuk mengambil organ insang ikan.
- d. Memasukkan sampel organ insang ke dalam botol sampel yang sudah berisi formalin 10% untuk menjaga supaya organ insang tidak rusak.
- e. Sampel insang ikan dibawa ke Laboratorium Biologi Universitas Negeri Semarang untuk dilakukan pengamatan dibawah mikroskop.
- f. Sampel air dibawa ke Laboratorium Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI) Semarang untuk dilakukan uji kandungan logam berat dalam air.

3. Prosedur Pembuatan Preparat Histologi

Sediaan mikroskop anatomi organ insang ikan dibuat dengan metode parafin dan pewarnaan Hematoksin-Eosin (HE). Preparat yang dihasilkan didokumentasikan kemudian diamati secara visual untuk melihat kerusakan mikroskop anatomi insang ikan sebagai indikator pencemaran logam berat di perairan Kaligarang.

Adapun tahapan pembuatan preparat histologi adalah sebagai berikut:

- a. Fiksasi organ yang terinfeksi pada larutan bouin's selama 24 jam
 - b. Direndam pada alkohol 70% selama 1 jam
 - c. Direndam pada alkohol 80% selama 1 jam
 - d. Direndam pada alkohol 90% selama 1 jam
 - e. Direndam pada alkohol 100% selama 1 jam
 - f. Clearing dengan xylen (2 X 30 menit)
 - g. Direndam pada xylen I + paraffin murni (1:1) selama 1-2 jam kemudian dilanjutkan pada paraffin murni selama 1-2 jam
 - h. Memasukan paraffin didalam jaringan (embedding)
 - i. Cutting
4. Pewarnaan
- a. Penghilangan paraffin
 - a. Xylen I selama 15 menit
 - b. Xylen II selama 15 menit
 - b. Penghilangan xylen
 - a. Direndam pada alkohol 100% selama 15 menit
 - b. Direndam pada alkohol 90% selama 15 menit
 - c. Direndam pada alkohol 80% selama 15 menit
 - d. Direndam pada alkohol 70% selama 15 menit
 - c. Kemudian dicuci dengan aquadest selama 15 menit
 - d. Kemudian disimpan pada heamatoxylin selama 15 menit
 - e. Dicuci pada air mengalir 5 – 10 menit
 - f. Dicuci dengan disimpanan dalam alkohol asam 5 detik
 - g. Dicuci dengan aquadest selama 5 -10 menit
 - h. Kemudian dicelupkan pada eosin selama 15 menit
 - i. Dehidrasi dengan alkohol 70%, 80%, 90%, dan 100% masing-masing 30 menit
 - j. Direndam pada xylen selama 10 menit
 - k. Di beri entellan

1. Kemudian dicover

Setelah itu dilakukan pengamatan mikroskopis untuk mengetahui perubahan struktur insang ikan di perairan Kaligarang yang digunakan sebagai bioindikator pencemaran logam berat.

G. Metode Pengambilan Data

Data struktur mikroanatomi insang ikan dilakukan dengan cara mengambil insang, difiksasi dengan menggunakan formalin 10%, untuk selanjutnya dibuat preparat mikroskopis dengan metode paraffin dan pewarnaan Hematoxilin-Eosin (HE). Setelah pembuatan preparat mikroskopis selesai, kemudian diamati dengan bantuan mikroskop untuk melihat perubahannya dan membandingkan dengan yang normal. Data yang diperoleh dari hasil pengamatan tersebut dicatat dan difoto.

Data faktor lingkungan diperoleh dengan cara melakukan pengukuran faktor lingkungan abiotik yang berupa suhu, pH, BOD, dan COD selain itu mengukur kadar logam berat pada air perairan Kaligarang. Pengukuran dilakukan setiap pengambilan sampel ikan yaitu 2-3 minggu sekali pada waktu pembedahan. Data yang diperoleh kemudian dicatat.

H. Metode Analisis Data

Untuk mengetahui pengaruh adanya logam berat terhadap struktur mikroanatomi insang ikan diperlukan data gambaran struktur mikroanatomi yang dianalisis secara deskriptif. Tingkat kerusakan insang akibat bahan kimia ditentukan dengan metode Pantung *et al* 2008. Dengan menggunakan metode Pantung, kerusakan insang dapat digunakan sebagai indikator tingkat pencemaran. Terjadi kerusakan struktur mikroanatomi insang ikan kurang dari 30 % dari luasan pandang, hal ini menunjukkan telah terjadi pencemaran ringan. Terjadi kerusakan mikroanatomi insang ikan 30%-70% dari luasan pandang, hal ini menunjukkan telah terjadi pencemaran sedang. Terjadi kerusakan mikroanatomi insang ikan lebih dari 70% dari luasan pandang, hal ini menunjukkan telah terjadi pencemaran berat.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan Mikroanatomi Insang

Perubahan struktur mikroanatomi insang dapat dijadikan sebagai indikator tingkat pencemaran di lingkungan mulai terjadinya pencemaran ringan sampai tingkat berat. Data gambaran kerusakan insang ikan diperoleh dari pengamatan langsung terhadap struktur mikroanatomi insang ikan dengan menggunakan mikroskop perbesaran 400x, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tingkat kerusakan struktur mikroanatomi insang ikan di perairan Kaligarang.

Stasiun	Sampel	Edema	Fusi lamella	Hiperplasia	Atrofi	Nekrosis
ST.1	A1(Nila)	+	++	+	-	-
	A2(Nila)	++	+	-	-	-
	A3(Nila)	++	-	+	-	-
	A4(Gabus)	+	-	-	-	-
	A5(Nila)	+++	+	+	-	-
ST.2	B1(Nila)	+	+++	++	-	++
	B2(Nila)	+	+++	++	-	++
	B3(Wader)	+	+	+	-	+++
	B4 (Nila)	+	++	++	-	++
	B5(Wader)	-	+++	+	++	+++
ST.3	C1 (Nila)	+	-	-	+	++
	C2 (Nila)	+	++	-	-	+++
	C3 (Nila)	++	+++	-	+	+++
	C4 (Nila)	+	++	++	+	++
	C5 (Nila)	-	-	+	-	+++

Keterangan: ST.1 = Aliran perairan di Tempuran desa Lerep Ungaran.

ST.2 = Aliran perairan setelah pertemuan antara Kreo dan Kripik.

ST.3 = Aliran perairan disekitar PDAM Tirta Modal.

(-) = Tidak ada kerusakan sama sekali (normal).

(+) = Terjadi kerusakan kurang dari 30% dari luasan pandang (ringan).

(++) = Terjadi kerusakan 30%-70% dari luasan pandang (sedang).

(+++)= Terjadi kerusakan lebih dari 70% dari luasan pandang (berat) (Pantung *et al* 2008).

Pada kelompok stasiun ke 1 yang berada di Tempuran desa Lerep Ungaran terjadi kerusakan mikroanatomi insang pada kelompok A1 berupa edema dengan 30% luas pandang, fusi lamella sekunder, hiperplasia. A2 meliputi edema dengan lebih dari 30%, fusi lamella dengan 30% luasan pandang. Kelompok A3 terjadi kerusakan edema dan hiperplasia. Kelompok A4 terjadi edema sedangkan pada kelompok A5 terjadi edema 30%-70%, fusi lamella sekunder dan hiperplasia. Selain itu, tidak terjadi kerusakan sampai tahap nekrosis dikarenakan daerah ini merupakan kawasan yang jauh dari pemukiman warga serta perindustrian sehingga kemungkinan pencemaran logam berat pada stasiun 1 masih relatif rendah.

Pada kelompok stasiun 2 meliputi B1 terjadi kerusakan mikroanatomi dengan adanya edema, fusi lamella lebih dari 70% luasan pandang, hiperplasia dan nekrosis. B2 terjadi kerusakan mikroanatomi berupa edema, fusi lamella sekunder, hiperplasia, dan nekrosis. Pada sampel B3 didapatkan kerusakan mikroanatomi insang berupa adanya edema dengan 30% -70% luasan pandang, fusi lamella, hiperplasia, atrofi dan didapatkan juga kerusakan tingkat nekrosis. B4 terjadi kerusakan berupa edema, fusi lamella sekunder, hiperplasia dengan 30%-70% luasan pandang, dan nekrosis. B5 berupa edema dengan 30%, fusi lamella 30%-70%, hiperplasia dan nekrosis lebih dari 70% luas pandang. Hal ini terjadi kerusakan sampai ke tingkat nekrosis yang dapat dijadikan indikator pencemaran berat karena pada stasiun 2 merupakan aliran pertemuan antara Kreo dan Kripik. Di tempat ini memiliki pencemaran cukup tinggi dikarenakan pembuangan limbah dari pabrik-pabrik yang ada di Ungaran dan pembuangan limbah dari TPA Jatibarang yang berupa lindi (*lechete*).

Pada kelompok dari stasiun 3 adalah pada sampel C1 insang mengalami tingkat kerusakan berat berupa nekrosis, fusi beberapa lamella sekunder dan edema. Pada sampel C2 mikroanatomi insang ikan mengalami perubahan edema, fusi lamella sekunder dan nekrosis lebih dari 70% luasan pandang. Pada sampel C3 terdapat kerusakan mikroanatomi insang berupa edema, fusi lamella sekunder, atrofi dan nekrosis lebih dari 70% luasan pandang. Sampel C4 menunjukkan bahwa terdapat kerusakan insang ikan berupa edema, fusi lamella, hiperplasia, atrofi dan

nekrosis sedangkan C5 mikroanatomi insang mengalami edema, hiperplasia dan nekrosis. Perubahan struktur mikroanatomi insang sampai ke tingkatan nekrosis, hal ini terjadi karena letak stasiun 3 yang merupakan perairan utama dari berbagai pertemuan aliran anak perairan di Kaligarang sehingga senyawa toksik dari limbah industri yang berasal dari atas masuk ke perairan ini terakumulasi dalam jumlah yang lebih banyak.

Terjadinya kerusakan mikroanatomi insang ikan dari edema lamella sekunder sampai ke tingkatan nekrosis diduga disebabkan oleh materi tersuspensi/partikel logam berat seperti Hg (0,001 mg/L), Cd (0,005 mg/L) dan Pb (0,03) yang terkandung dalam air (Budiarti 2009). Hal ini sesuai dengan pernyataan Robbins dan Kumar, 1995 yang menyatakan terjadinya kerusakan insang dari edema sampai ke tingkat nekrosis sebagai bentuk adaptasi sel untuk bertahan hidup akibat pengaruh dari bahan toksik, seperti bahan kimia dan logam berat. Selain itu logam berat bersifat bioakumulatif, biomagnifikasi, toksik dan karsinogenik, sehingga logam berat yang terlarut bersama air akan terjadi akumulasi di dalam tubuh organisme dalam hal ini yakni organ insang ikan. Sehingga penggunaan bioindikator sebagai parameter kerusakan lingkungan khususnya perairan sangat dianjurkan, karena spesies indikator seperti ikan yang hidup di perairan tersebut dan memiliki mobilitas yang tinggi memungkinkan terjadinya akumulasi logam berat didalam tubuh ikan yang dapat digunakan sebagai indikator tingkat pencemaran logam berat di dalam perairan.

Proses masuknya zat toksik menurut Palar (1994) adalah ion-ion logam dapat membentuk ion-ion logam yang dapat larut dalam lemak. Ion-ion logam yang dapat larut dalam lemak itu mampu melakukan penetrasi pada membrane sel, sehingga ion-ion logam tersebut akan menumpuk (terakumulasi) didalam sel dan organ-organ lain. Anderson (1995) mengatakan bahwa untuk menjaga kestabilan sel di lingkungan internal, sel harus mengeluarkan energi metabolik untuk memompa ion natrium keluar dari sel. Ini terjadi pada tingkat membran sel. Sesuatu yang mengganggu metabolisme energi dalam sel atau sedikit saja melukai membran sel dapat membuat sel tidak mampu memompa ion natrium. Akibat adanya osmosis dari kenaikan konsentrasi natrium didalam morfologis yang

disebut dengan edema atau pembengkakan sel. Edema apabila berlanjut akan menyebabkan kematian sel atau nekrosis. Menurut Tandjung (1982) mengatakan bahwa terjadinya perubahan struktur mikroanatomi tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi kontaminasi tetapi belum ada pencemaran. Adanya edema menyebabkan eritrosit menjadi mudah pecah dan berubah bentuk karena kekurangan oksigen, sehingga dapat menyebabkan kematian ikan.

Pada penelitian ini terjadinya edema maupun hiperplasia karena habitat ikan yang diduga tercemar oleh limbah dari buangan industri. Senyawa toksik masuk melalui insang, hal ini sesuai dengan pernyataan (Connel, 1995) bahwa pengambilan bahan toksik oleh makhluk hidup air melalui tiga proses utama: (1) dari air melalui permukaan pernapasan (misalnya insang), (2) penyerapan dari air ke dalam permukaan, dan (3) dari makanan, partikel air yang dicerna melalui pencernaan. Senyawa toksik maupun organik terlarut menyebabkan iritasi pada insang dan lamella insang menjadi tertutup, hal ini menyebabkan proses pernapasan ikut terganggu.

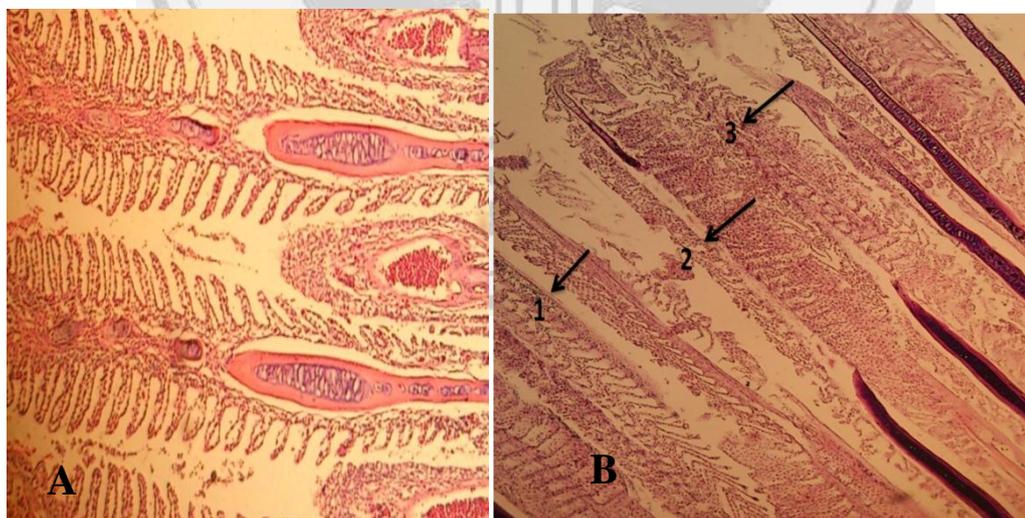
Edema terjadi dikarenakan adanya zat toksik dalam air yang masuk insang dan mengakibatkan sel bersifat iritatif yang menyebabkan sel akan mengalami pembengkakan. Menurut Nilsson (2005), pembengkakan atau edema dapat disebabkan oleh panas dan polusi (asam, ammonia, logam berat, pestisida) yang menyebabkan berubahnya struktur sel kloroid. Sementara hiperplasia diakibatkan oleh edema yang berlebihan sehingga sel darah merah keluar dari kapilernya dan sel akan terlepas dari penyokongnya. Hiperplasia merupakan adaptasi fisiologis yang permanen dalam kurun waktu tertentu yang disertai dengan adanya perubahan struktural insang (Spector 1993). Hal ini merupakan respon dari insang akibat adanya bahan toksik yang mengkontaminasinya. Perubahan mikroanatomi insang seperti epithelium yang terangkat, hiperplasia, hypertropi epithelium sel dan fusi dari beberapa lamella sekunder merupakan bentuk pertahanan terhadap zat pencemar (Fernandes dan Mazon 2003).

Selain edema dan hiperplasia, ditemukan juga kerusakan mikroanatomi insang yang berupa atrofi. Pada penelitian ini terjadi atrofi pada lamella primer. Diduga atrofi dalam penelitian terjadi karena ikan terpapar oleh surfaktan dari

limbah sabun dalam waktu pemamparan yang cukup lama sehingga sel-sel pada lamella primer mengalami penyusutan. Bennett *et al* 1999 menyatakan bahwa surfaktan yang mencemari perairan dapat menyebabkan terjadinya luka seperti nekrosis, atrofi dan hiperplasia. Hiperplasia ini dapat terjadi akibat berbagai polutan kimia dan logam berat terutama kadmium. Ikan yang terpapar akan memperlihatkan pemisahan antara sel epithelium dan system yang mendasari sel tiang yang dapat mengarah kepada runtuhnya keutuhan dari struktur lamella sekunder (Olurin *et al* 2006) dan dapat menyebabkan peningkatan jumlah sel-sel klorid.

Pantung (2008) menyatakan bahwa kerusakan mikroanatomi insang kurang dari 30% dari luasan pandang telah terjadi pencemaran ringan. Kerusakan mikroanomi insang ikan 30%-70% dari luasan pandang menandakan telah terjadi pencemaran sedang. Terjadi kerusakan mikroanatomi insang ikan lebih dari 70% dari luasan pandang menandakan telah terjadi pencemaran berat.

Untuk lebih jelasnya mengenai tingkatan kerusakan mikroanatomi insang ikan dapat dilihat pada gambar berikut:

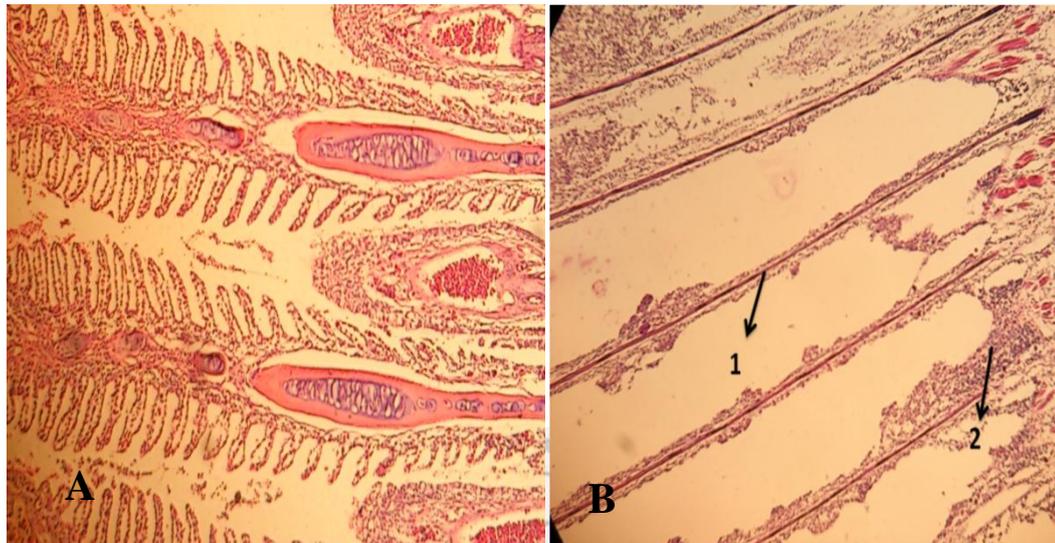


Gambar 2. Potongan melintang struktur mikroanatomi insang ikan nila di stasiun 2 perbesaran 10x40. Pewarnaan: Hematoxilin-Eosin.

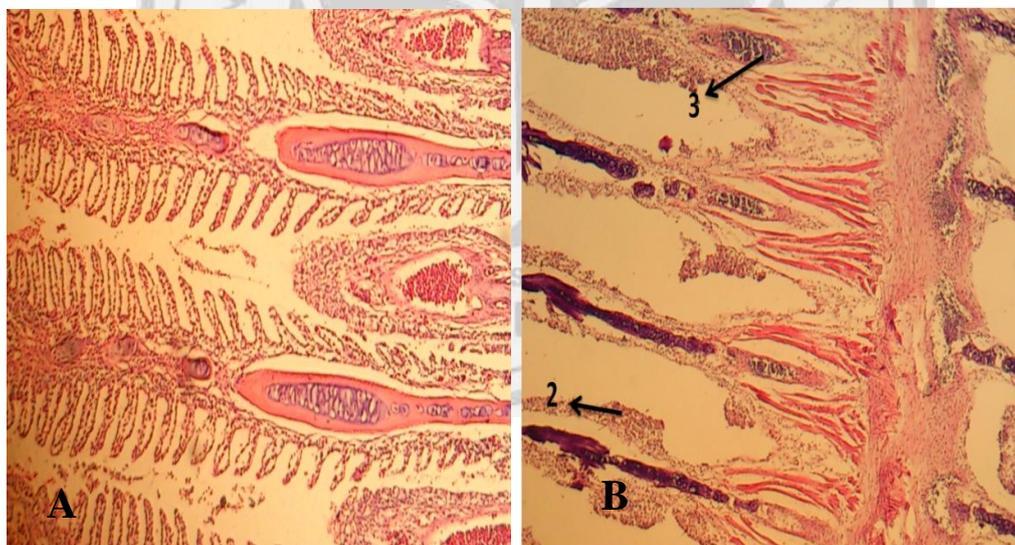
Keterangan : A. Kondisi mikroanatomi insang normal.

B. Kondisi Mikroanatomi insang ikan tidak normal

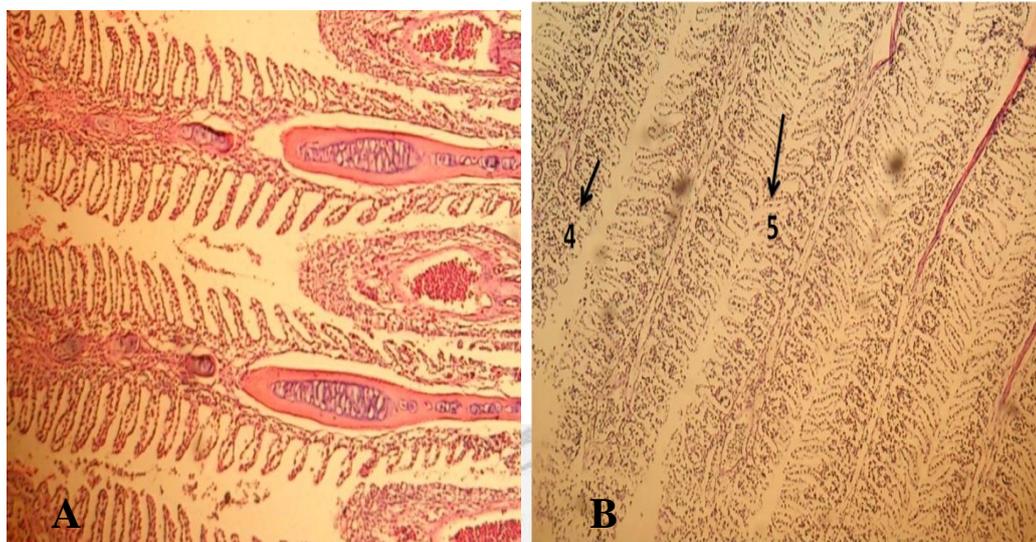
1. Nekrosis, 2. Fusi Lamella sekunder, 3. Hiperplasia



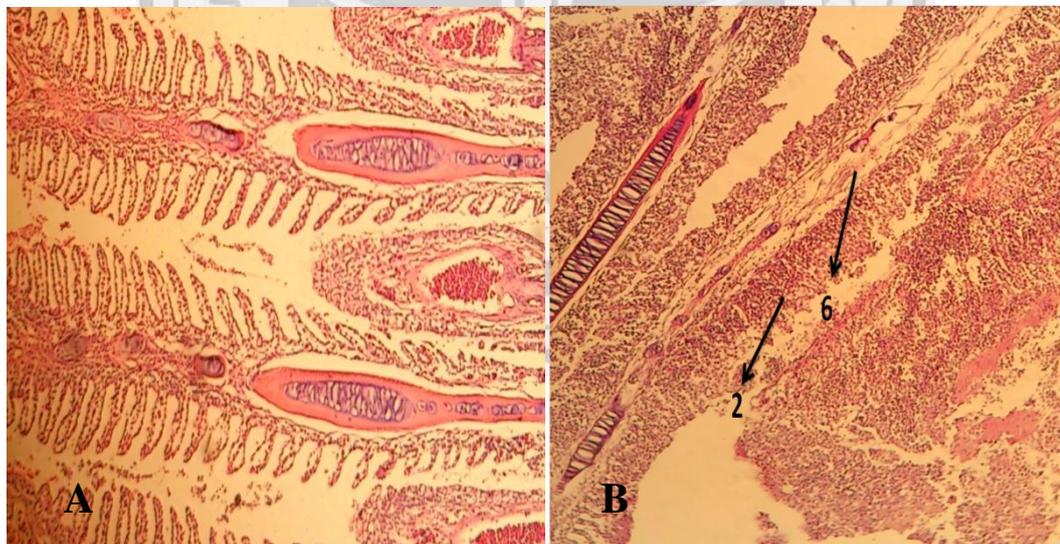
Gambar 3. Potongan melintang struktur mikroanatomi insang ikan wader di stasiun 2 perbesaran 10x40. Pewarnaan: Hematoxilin-Eosin.
Keterangan :A. Kondisi mikroanatomi insang ikan normal.
B. Kondisi mikroanatomi tidak normal
1. Nekrosis, 2. Fusi Lamella sekunder



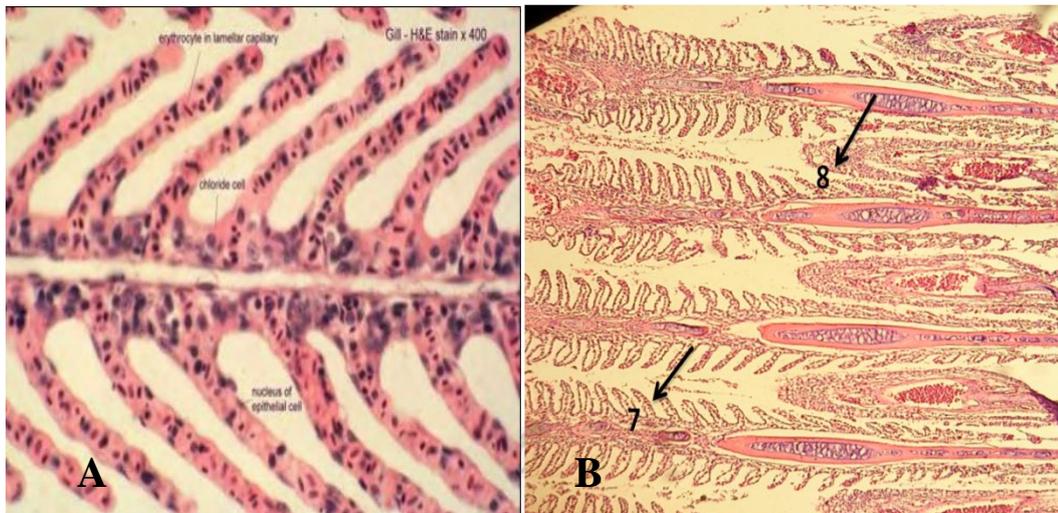
Gambar 4. Potongan melintang struktur mikroanatomi insang ikan nila di stasiun 2 perbesaran 10x40. Pewarnaan: Hematoxilin-Eosin.
Keterangan : A. Kondisi mikroanatomi insang ikan normal.
B. Kondisi mikroanatomi insang tidak normal
2. Fusi lamella sekunder, 3. Hiperplasia (pada pangkal lamella primer)



Gambar 5. Potongan melintang struktur mikroanatomi insang ikan nila di stasiun 1 perbesaran 10x40. Pewarnaan: Hematoxilin-Eosin.
Keterangan : A. Kondisi mikroanatomi insang ikan normal.
B. Kondisi mikroanatomi insang tidak normal.
4. Edema pada lamella sekunder, 5. Kondisi lamella sekunder yang normal.



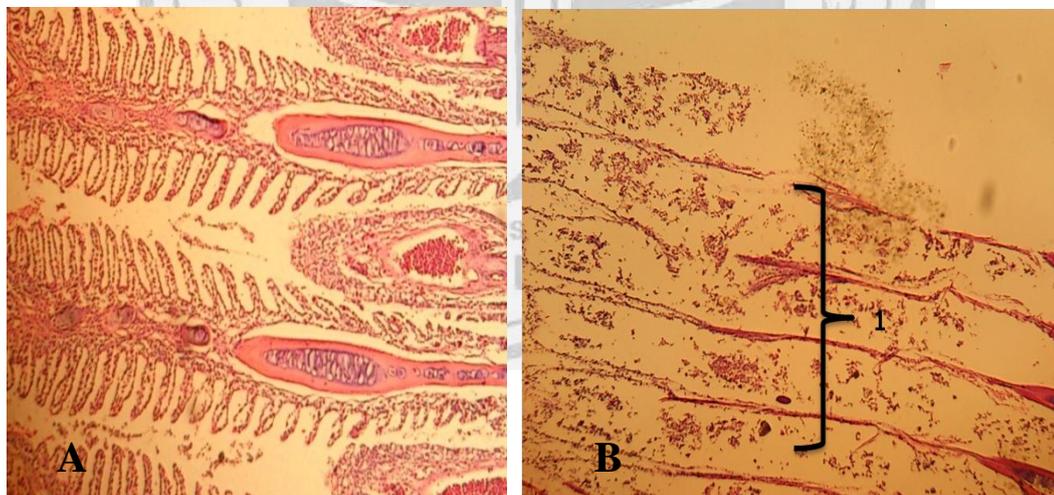
Gambar 6. Potongan melintang struktur mikroanatomi insang ikan nila di stasiun 1 perbesaran 10x40. Pewarnaan: Hematoxilin-Eosin.
Keterangan : A. Kondisi mikroanatomi insang ikan normal.
B. Kondisi mikroanatomi insang tidak normal.
2. Fusi lamella (Kondisi hampir 100%), 6. Atropi



Gambar 7. Potongan membujur struktur mikroanatomi insang ikan gabus di stasiun 1 perbesaran 10x40. Pewarnaan: Hematoxilin-Eosin.

Keterangan : A. Kondisi mikroanatomi insang ikan normal
(www.ehu.es/europeanclass2003/Image45.gif)

B. Kondisi mikroanatomi insang ikan normal
7. Lamella sekunder normal, 8. Lamella primer normal.

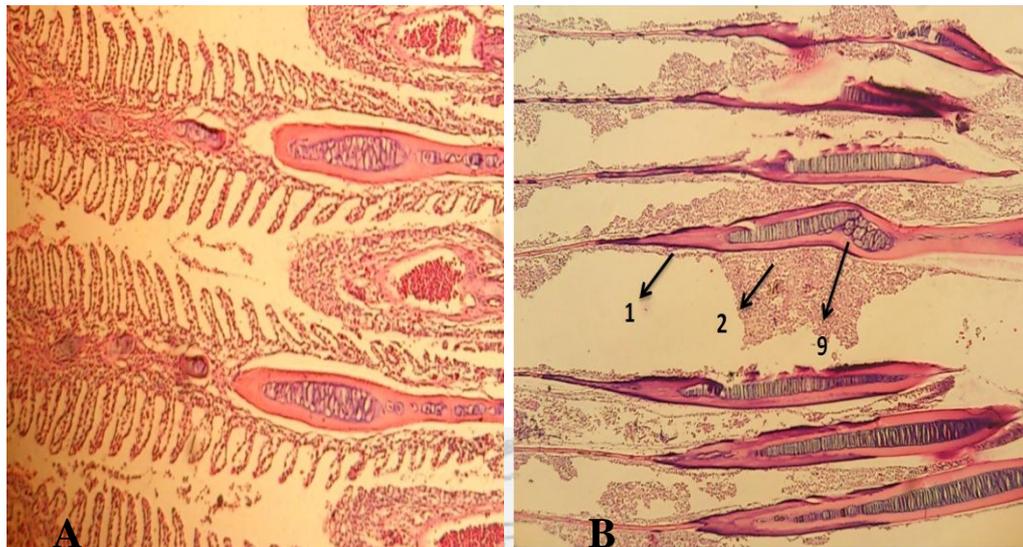


Gambar 8. Potongan melintang struktur mikroanatomi insang ikan nila di stasiun 3 perbesaran 10x40. Pewarnaan : Hematoxilin-Eosin.

Keterangan: A. Kondisi mikroanatomi insang normal.

B. Kondisi mikroanatomi insang tidak normal.

1. Nekrosis lamella primer dan lamella sekunder, indikator telah terjadi pencemaran berat.



Gambar 9. Potongan membujur struktur mikroanatomi insang ikan nila di stasiun 3 perbesaran 10x40. Pewarnaan: Hematoxylin-Eosin.

Keterangan : A. Kondisi mikroanatomi insang normal.

B. Kondisi mikroanatomi insang tidak normal.

1. Nekrosis , 2. Fusi lamella sekunder, 9. Lamella primer membengkok

Hiperplasia adalah pembentukan jaringan secara berlebihan karena bertambahnya jumlah sel. Lamella yang mengalami Hiperplasia mengakibatkan penebalan jaringan epitel di ujung filamen atau penebalan jaringan epitelium yang terletak di dekat dasar lamela. Hiperplasia pada insang diduga diakibatkan adanya kontak ion tembaga. Kontak tersebut mengakibatkan organ insang mengalami iritasi dan mengeluarkan mukus (lendir) sebagai perlindungan terhadap toksikan tembaga, akan tetapi mukus yang dihasilkan justru menutup permukaan lamella insang sehingga pertukaran O₂ dan CO₂ terhambat, akibatnya tidak ada pengikatan oksigen oleh hemoglobin darah. Hal ini menyebabkan transportasi oksigen ke seluruh tubuh menjadi terganggu. Sorensen (1991) menambahkan bahwa bereaksinya logam berat pada insang akan menghasilkan gumpalan lendir dan akan sulit bernafas. Hiperplasia ini terjadi akibat berbagai polutan kimia dan logam berat terutama kadmium dan merkuri. Ikan yang terpapar oleh logam berat, detergen dan pestisida memperlihatkan pemisahan antara sel tiang yang dapat mengarah kepada runtuhnya keutuhan dari struktur lamella sekunder dan dapat menyebabkan peningkatan jumlah sel-sel klorid (Olurin 2006).

Kerusakan lainnya pada insang ikan yaitu berupa nekrosis. Nekrosis yang dimaksud adalah kematian sel, yang mengakibatkan jaringan insang tidak berbentuk utuh lagi. Pada kejadian ini lamella mengalami kerusakan parah dan termasuk dalam kategori pencemaran berat. Menurut Plumb (1994), nekrosis ditandai dengan adanya kematian sel-sel atau jaringan yang menyertai degenerasi sel pada setiap kehidupan hewan dan merupakan tahap akhir degenerasi yang irreversibel. Karakteristik dari jaringan nekrotik, yaitu memiliki warna yang lebih pucat dari warna normal, hilangnya daya rentang (jaringan menjadi rapuh dan mudah terkoyak), atau memiliki konsistensi yang buruk atau pucat. Nekrosis juga dapat disebabkan oleh agen-agen biologis (virus, bakteri, jamur dan parasit), agen-agen kimia atau terjadinya gangguan terhadap penyediaan darah pada jaringan tubuh.

Penyerapan tembaga yang secara terus menerus melalui insang sangat memberikan dampak kerusakan pada jaringan insang, hingga dapat menimbulkan kematian terhadap ikan yang disebabkan oleh proses anoxemia, yaitu terhambatnya fungsi pernapasan yaitu sirkulasi dan eksresi dari insang. Menurut Connell dan Miller (1995) pengaruh subletal logam berat, seperti Cu, Cd dan Hg, mengakibatkan perubahan secara histologis ataupun morfologis dalam jaringan berbagai jenis ikan dan krustasea yang merupakan pengaruh sekunder dari gangguan pada proses enzim yang terlibat dalam penggunaan makanan. Perubahan morfologis tersebut antara lain: penggantian sel-sel mukus pada epitel insang oleh sel-sel klorida.

Kerusakan insang yang terkena logam berat mengakibatkan adanya degradasi sel atau bahkan kerusakan jaringan insang. Sandi (1994) menyatakan bahwa secara langsung bahan anorganik terlarut menyebabkan iritasi pada insang dan lamella insang menjadi tertutup. Hal ini menyebabkan fungsi insang menjadi tidak wajar dan mengganggu proses pernafasan. Insang merupakan organ utama yang terkena langsung oleh bahan pencemar seperti logam berat. Sekresi mukus pada insang dimaksudkan untuk melindungi lamella insang dari bahan pencemar yaitu logam berat yang mengganggu akibatnya dapat menghambat pertukaran gas dan ion melalui membran sel. Kerusakan pada struktur mikroanatomi insang

menyebabkan ikan sulit bernafas dan menyebabkan kandungan oksigen dalam darah menjadi berkurang sehingga Hb kesulitan dalam mengikat oksigen dan mengalami hipoksi sebagai akibat dari kerusakan lamella sekunder dari insang. Efek dari kesulitan dalam bernafas, maka akan merangsang organisme untuk mengikat sel darah merah, hematokrit dan hemoglobin untuk meningkatkan mekanisme transfer oksigen di dalam tubuh (Ishikawa *et al* 2007).

Dari uraian diatas, kerusakan pada struktur mikroanatomi insang ikan diduga karena adanya senyawa toksik berupa logam berat yang ada dalam perairan. Hasil tersebut dapat dijadikan sebagai indikator pencemaran logam berat yang terjadi di perairan Kaligarang dengan menggunakan bioindikator. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ansari *et al* (2004), tingkat konsentrasi logam berat pada organisme air seringkali proporsional dengan tingkat konsentrasi logam berat pada perairannya sehingga dapat digunakan sebagai indikator biologi pencemaran logam berat. Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui lebih banyak zat toksik yang ada di wilayah Kaligarang.

B. Kandungan Logam Berat dalam Air

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

Hasil analisis kandungan logam berat Hg, Cd dan Pb dalam air secara jelas dapat dilihat pada Tabel 3 sampai Tabel 5. Pada hasil uji Hg terjadi penurunan kadar pada pengambilan sampel pertama didapatkan hasil $<0,002$, sedangkan pada hasil kedua didapatkan $<0,001$. Pada uji Cd yang pertama tidak terdeteksi kandungan logam Cd dalam air, sedangkan pada pengujian yang kedua terjadi peningkatan yang cukup besar yakni $<0,005$. Pada pengujian kandungan logam Pb

yang pertama didapatkan hasil 0,4, sedangkan pada pengujian yang kedua didapatkan hasil sebesar $<0,03$.

Tabel 2. Data konsentrasi terlarut Pb pada sampel air di perairan Kaligarang.

	Stasiun	Pb (mg/l)	Baku Mutu
	1	$< 0,03$	Perikanan (0,003 mg/l)
Sampel Air	2	$< 0,03$	EPA (0,065 ppm)
	3	$< 0,03$	

Sumber: Kriteria mutu air berdasarkan kelas (PP No. 82/2001).

Dari penelitian ini terlihat bahwa kandungan Pb di air pada ketiga stasiun menunjukkan kandungan logam Pb yang relatif sama tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Secara umum hasil penelitian ini menunjukkan kadar logam Pb dalam badan perairan melebihi ambang batas nilai Pb yakni sebesar 0,01 mg/l. Tingginya kadar logam Pb dalam badan air di tiap stasiun disebabkan beberapa aktivitas seperti hasil limbah domestik warga dan perindustrian yang menggunakan unsur Pb dalam proses produksinya.

Di perairan tawar, timbal membentuk senyawa kompleks yang memiliki sifat kelarutan rendah dengan beberapa anion, misalnya hidroksida, karbonat, sulfida dan sulfat. Berdasarkan batas yang ditetapkan, kadar timbal di perairan Perairan Kaligarang masih dalam batas aman untuk kehidupan organisme akuatik karena nilainya $<0,05$ mg/l.

Tabel 3. Data konsentrasi terlarut Cd pada sampel air di perairan Kaligarang.

	Stasiun	Cd (mg/L)	Baku Mutu
	1	$< 0,005$	WHO (0,0002 mg/L)
Sampel Air	2	$< 0,005$	EPA (0,043 ppm)
	3	$< 0,005$	Perikanan (0,01 mg/L)

Sumber: Kriteria mutu air berdasarkan kelas (PP No. 82/2001).

Kadar kadmium pada perairan tawar alami 0,0001-0,01 mg/l, sedangkan pada perairan laut 0,0001 mg/l. Menurut WHO, kadar kadmium maksimum pada air yang diperuntukan bagi air minum adalah 0,005 mg/l. Pada perairan yang diperuntukkan bagi kepentingan pertanian dan peternakan, kadar kadmium sebaiknya tidak lebih dari 0,005mg/l. Untuk melindungi kehidupan pada ekosistem akuatik, perairan sebaiknya memiliki kadar kadmium sekitar 0,0002 mg/l.

Kadar kadmium yang diperoleh dari hasil penelitian dari ke-3 stasiun pengamatan menunjukkan nilai yang cukup tinggi dibandingkan dengan standar yang ditetapkan yaitu sebesar 0.0002 mg/l. Kadar kadmium di perairan Perairan Kampar sangat tinggi, sehingga bisa membahayakan kehidupan organisme akuatik dan bagi manusia yang mengkonsumsi ikan tersebut.

Tabel 4. Data konsentrasi Hg terlarut pada air di perairan Kaligarang.

	Stasiun	Hg (mg/L)	Baku Mutu
Sampel Air	1	< 0,001	0,001 mg/L
	2	< 0,001	0,002 mg/L
	3	< 0,001	

Sumber: Kriteria mutu air berdasarkan kelas (PP No. 82/2001).

Dari pengujian air diatas terlihat bahwa kandungan Hg di air pada ketiga stasiun menunjukkan kandungan logam Hg yang relatif sama tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Secara umum hasil penelitian ini menunjukkan kadar logam Hg dalam badan perairan yakni < 0,001 hasil ini sesuai dengan PP. No. 82 Tahun 2001 sebesar 0,001mg/l untuk baku mutu air minum dan untuk kegiatan perikanan yang diperbolehkan kurang dari 0,002 mg/l. Berdasarkan batas yang ditetapkan, kadar Hg di perairan Perairan Kaligarang masih dalam batas aman untuk kehidupan organisme akuatik karena nilainya < 0,001 mg/l.

C. Hubungan Logam berat dengan Parameter Kualitas Air.

Untuk menentukan kualitas air terhadap konsentrasi logam dalam air sangat sulit, karena erat hubungannya dengan partikel tersuspensi yang terlarut didalamnya. Logam-logam dalam lingkungan perairan umumnya berada dalam

bentuk ion. Ion-ion itu ada yang merupakan ion-ion bebas, pasangan ion organik, ion-ion kompleks dan bentuk-bentuk ion lainnya.

Faktor abiotik seperti pH akan mempengaruhi konsentrasi logam berat di perairan, dalam hal ini kelarutan logam berat akan lebih tinggi pada pH rendah, sehingga menyebabkan toksisitas logam berat semakin besar. Nilai pH pada perairan Kaligarang menunjukkan bahwa dari hulu sampai hilir terjadi penurunan nilai pH dari 6-4,5. Kenaikan pH pada badan perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam tersebut. Umumnya pada pH yang semakin tinggi, maka kestabilan akan bergeser dari karbonat ke hidroksida. Hidroksida-hidroksida ini mudah sekali membentuk ikatan permukaan dengan partikel-partikel yang terdapat pada badan perairan. Lama-kelamaan persenyawaan yang terjadi antara hidroksida dengan partikel-partikel yang ada di badan perairan akan mengendap dan membentuk lumpur.

Suhu perairan mempengaruhi proses kelarutan akan logam-logam berat yang masuk ke perairan. Dalam hal ini semakin tinggi suatu suhu perairan kelarutan logam berat akan semakin tinggi. Darmono (2001) menyatakan bahwa suhu yang tinggi dalam air menyebabkan laju proses biodegradasi yang dilakukan oleh bakteri pengurai aerobik menjadi naik dan dapat menguapkan bahan kimia ke udara

D. Hasil Pengujian Kualitas Air

Pengambilan titik sampel ditentukan berdasarkan karakteristik disekitar perairan, yakni Stasiun 1 daerah perairan yang masih tergolong perairan yang memiliki tingkat pencemaran masih relatif ringan, ini dilihat dari kondisi sekitar stasiun pertama yang masih didominasi persawahan. Stasiun 2 berada pada perairan pertemuan antara aliran perairan dari Kreo dan Kripik, sedangkan untuk Stasiun 3 berada di daerah pinggiran Kota Semarang tepatnya disekitar PDAM yang memiliki tingkat pencemaran cukup besar baik yang berasal dari limbah domestik maupun limbah industri.

Berdasarkan analisis di Laboratorium dan pengamatan secara langsung (*in situ*) pada masing-masing stasiun yang dilakukan dengan 2 kali ulangan diperoleh hasil kualitas air yang hampir sama pada setiap stasiun pengamatan (Tabel 5).

Tabel 5. Faktor abiotik pada tiap stasiun pengamatan di perairan Kaligarang.

No	Faktor Abiotik	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Standart	Baku Mutu
1	Suhu	28,8 °C	30,6 °C	30,7 °C	Deviasi 3	Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas 1 (PP No.82/2001)
2	pH	6	6	6	6-9	Sda
3	COD	10,81 mg/l	10,31 mg/l	13,85 mg/l	10	Sda
4	BOD	7,2 mg/l	7,8 mg/l	7,0 mg/l	2	Sda

Sumber: Kriteria mutu air berdasarkan kelas (PP No. 82/2001).

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.

Hasil pengukuran suhu pada setiap stasiun pengamatan menunjukkan bahwa suhu di perairan Kaligarang berkisar antara 28 - 30°C. Suhu terendah terdapat pada stasiun 1 dan suhu tertinggi masing-masing berada pada stasiun 2 dan stasiun 3. tingginya suhu perairan Perairan Kaligarang disebabkan salah satunya intensitas penyinaran matahari yang dapat mempengaruhi tingginya penyerapan panas ke dalam perairan.

Nybakken (1988) menjelaskan bahwa suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan penyebaran organisme. Kaidah umum menyebutkan bahwa reaksi kimia dan biologi air (proses fisiologis) akan meningkat 2 kali lipat pada kenaikan temperature 10 °C, selain itu suhu juga berpengaruh terhadap penyebaran dan komposisi organisme. Kisaran suhu yang baik bagi kehidupan organisme perairan adalah antara 18-30 °C. Berdasarkan hal tersebut, maka suhu perairan dilokasi masih tergolong mendukung kehidupan organisme yang hidup di dalamnya.

2. Keasaman/pH

Keasaman/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.

Nilai pH suatu perairan memiliki ciri yang khusus, adanya keseimbangan antara asam dan basa yang diukur adalah konsentrasi ion hidrogen. Dengan adanya asam-asam mineral bebas dan asam karbonat menaikkan pH, sementara adanya karbonat, hidrosida dan bikarbonat dapat menaikkan kebasaaan air. Nilai derajat keasaman (pH) perairan Kaligarang berkisar antara 6 ini menandakan kondisi perairan dalam keadaan asam. Secara umum berdasarkan pengukuran pada setiap pengamatan dan berdasarkan perhitungan nilai derajat keasamanya maka perairan Kaligarang tergolong pada kategori layak baik bagi organisme perairan di dalamnya maupun untuk kegiatan sektor perikanan lainnya. Menurut (Odum 1993) kisaran pH yang tidak tercemar untuk lingkungan perairan yaitu kadar pH 5-9. Kondisi pH dari data yang diperoleh dari penelitian tersebut baik untuk perkembangan ikan.

Secara umum nilai derajat keasaman (pH) pada perairan Kaligarang ditiap stasiun selama pengamatan tidak berbeda secara signifikan. Kisaran nilai derajat keasaman yang diperoleh antara 6-7. Kondisi pH pada perairan dapat dijadikan sebagai indikator kualitas perairan. Batasan nilai pH telah ditentukan oleh kantor Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004

yakni 6,5 - 8. Menurut Macketreth *et al* (1989) dalam Effendi (2003) menyatakan bahwa perubahan pH pada perairan menyebabkan perubahan pada beberapa parameter kualitas air diantaranya alkalinitas, ammonia dan CO₂.

Ada 2 fungsi dari pH yaitu sebagai faktor pembatas, setiap organisme mempunyai toleransi yang berbeda terhadap pH maksimal, minimal serta optimal dan sebagai indeks keadaan lingkungan. Nilai pH air yang normal sekitar netral yaitu antara 6-8, sedangkan pH air yang tercemar beragam tergantung dari jenis buangnya. Batas organisme terhadap pH bervariasi tergantung pada suhu air, oksigen terlarut, adanya berbagai anion dan kation serta jenis organisme. Dengan demikian pH perairan di lokasi penelitian masih dapat mendukung kehidupan yang ada di dalamnya.

3. Kandungan COD dan BOD

Menurut Wardhana (2004) bahwa COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi buangan dalam air melalui reaksi kimia. Menurut Effendi (2003) bahwa COD diartikan untuk menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi biologis maupun yang sukar didegradasi secara biologis menjadi karbondioksida dan air. Bahan organik tersebut bisa berasal dari alam maupun dari aktivitas rumah tangga dan industri. Dari hasil pengujian kadar COD yang sudah dilakukan berkisar antara 10-13 mg/l dapat diartikan bahwa perairan masih tergolong baik dan tidak terjadi adanya pencemaran. Menurut Barus (2004) perairan yang memiliki nilai COD kurang dari 20 mg/L termasuk perairan tidak tercemar, sedangkan untuk perairan yang tercemar mempunyai nilai COD lebih dari 200 mg/L dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/L.

Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air limbah dan untuk merancang sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar. Angka BOD menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikro organisme pada waktu melakukan penguraian hampir semua bahan organik yang terlarut dan sebagian yang tidak terlarut. Semakin besar nilai BOD, berarti persediaan DO makin berkurang.

Dalam penguraian bahan organik, apabila oksigen terlarut dalam jumlah yang cukup, maka proses penguraian akan berlangsung dalam suasana aerobik sampai semua bahan organik terkonsumsi. Sebaliknya, apabila tidak tersedia oksigen terlarut dalam jumlah yang cukup atau tingkat pencemaran relatif tinggi, maka proses penguraian akan terjadi dalam suasana yang anaerobik yang menimbulkan bau busuk dan warna abu-abu tua sampai hitam pada air.

Dari hasil pengujian kualitas air yang sudah dilakukan dengan kadar BOD berkisar antara 7-7,8 mg/l. Hasil buangan limbah yang ada mengandung senyawa organik yang akan meningkatkan konsumsi pemakaian oksigen, dengan adanya peningkatan konsumsi oksigen maka kandungan BOD dalam air perairan juga meningkat.

Menurut Effendi (2003) perairan yang belum tercemar mempunyai kadar BOD 0,5-7,0 mg/l. Sementara perairan yang telah tercemar mengalami pencemaran mempunyai kadar BOD lebih dari 10 mg/l. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa kandungan BOD di perairan Kaligarang telah melebihi ambang batas untuk baku air minum (kelas 1) sebesar 2 menurut Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas (PP No.82/2001).

Dari uraian diatas, kerusakan pada struktur mikroanatomi insang ikan bisa disebabkan oleh adanya senyawa toksik berupa logam berat yang ada dalam perairan. Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui lebih banyak zat toksik seperti logam berat yang dapat menyebabkan kerusakan mikroanatomi insang ikan sebagai indikator pencemaran di perairan Kaligarang.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

1. Secara umum gambaran mikroanatomi dari ketiga stasiun mengalami tingkatan kerusakan yang bervariasi diantaranya, pada stasiun pertama mengalami kerusakan sampai tingkatan nekrosis pada lamella primer dan lamella sekunder hasil tersebut mengindikasikan telah terjadi pencemaran berat.
2. Kandungan logam berat di perairan Kaligarang Pb dan Cd nilainya telah melampaui ambang batas. Sedangkan logam Hg masih dibawah baku mutu. Kisaran nilai logam Hg selama pengamatan sebesar $< 0,001\text{mg/l}$, logam Pb sebesar $< 0,03\text{ mg/l}$ dan Cd sebesar $< 0,005\text{ mg/l}$.
3. Pengukuran kondisi fisik dan kimia perairan menunjukkan indikasi kuat adanya pencemaran logam berat di perairan Kaligarang Semarang.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan logam berat pada organ insang ikan di perairan Kaligarang.
2. Adanya monitoring terhadap kualitas air khususnya logam berat di perairan Kaligarang secara periodik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan. 2004. Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air. Bogor: IPB.
- Anderson, S. 1995. *Patofisiologi Konsep Klinis Proses-proses Penyakit*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Ansari, T.M., Marr, I.L & Tarig, N. 2004. Heavy metals in marine pollutant perspective mini review. *Journal Applied Science*. 4(1): 1-20.
- Barus, T. A. 2004. *Pengantar Limnologi Studi Tentang Ekosistem Air Daratan*. Medan: USU Press.
- Budiarti, Titisari, R. 2009. Laju Respirasi Mujair (*Oreochromis mossambicus*) Dalam Media Air Lumpur Sidoarjo pada Konsentrasi Subletal. Program Studi Biologi. Surabaya. FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Connel, D.W.1995. *Bioakumulasi Senyawa Xenobiotik*. Jakarta: UI Press.
- Cornell, D. W. Gregory, J. Miller. Koestoer, Yanti (Editor). 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Jakarta: UI Press.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Penerbit UI Press.
- Darmono. 2001. *Lingkungan hidup dan Pencemaran. Hubungan dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta: UI Press.
- Dewi, N. K 2012. Biomarker pada Ikan sebagai Alat Monitoring Pencemaran Logam Berat Kadmium, Timbal dan Merkuri Di Perairan Kaligarang Semarang (*Disertasi*). Semarang: Universitas Diponegoro.
- Dinata, A. 2004. http://www.pikiran_rakyat.com/cetak/0704/23/0106.htm. [Diakses 05 Desember 2011].
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta. Kanisius: hal 258.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fernandes MN dan AF Mazon.2003. Enviromental Pollution and Fish Gill Morphology. *Brazilian Journal of Biology* 62 (4) :203-231.

- Harahap S. 1991. Tingkat Pencemaran Air Kali cakung ditinjau Sifat Fisika Kimia, Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro (*Tesis*). Bogor: Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Hutagalung, HP.1984. Logam Berat dalam Lingkungan Laut. *Pewarta Oceana* 6 (1): 37-38.
- Ishikawa NM, Maria JT, Julio VL, & Claudia MF. 2007. Hematological Parameters in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* Exposed to Sub-lethal Concentration of Mercury.
- Kettrup 2003. Envirromental specimen banking. *Bioindicator and Biomonitoring Principles, Concept and Applications*. Amsterdam: Elsevier Science.hal: 775-796.
- Kusumantanto,T. 2004. Penanganan Pencemaran. <http://www.suarakaryaonline.com/news.html?id=88069>. [Diakses 20 Desember 2011].
- Lagler, K.F. Bardach, J. E.Miller, R.R, and Passino, D.R.M.1977. Ichtiology. Second Edition. New York: John Wiley and Sons. 128-259.
- Laksamana, H.T.2003. *Kamus Kedokteran*. Jakarta: Djambatan.
- Lauren, P. 1984. *The Role of Enviromental Calcium Relative to Sodium Chloride in Determining Gill Morphology of Soft Water Treat and Catfish*: Academic Press Inc.
- Laws EA. 1981. *Aquatic pollution*. New York. John Willey and Sons.
- Lu FC. 1995. *Toksikologi Dasar*. Jakarta: UI-Press.
- Mulyanto dan Zakiyah Umi. 1992. Studi Tentang Konsentrasi Raksa (Hg) dan Hubunganya dengan Kondisi Insang Kerang Bulu di Perairan Pantai Kenjeran Surabaya(*Tesis*). Malang. Fakultas Perikanan Unibraw Malang.
- Nilsson, GE. 2005. Temperature alters the respiratory surface area of crucian carp *Carassius carassius* and goldfish *Carassius auratus*. *The Journal of Experimental Biology* 208, 1109-1116.
- Nybakken, J.W. 1988. *Biologi laut: Suatu pendekatan ekologis*. Terj. dari *Marine biology: An ecological approach*, oleh Eidman, M., Koesoebiono, D.G. Bengen, M. Hutomo & S.Sukardjo. Jakarta. Gramedia: xv + 459 hlm.
- Odum, E.P. 1993. *Dasar-dasar Ekologi. Edisi ketiga*. Penerjemah Tjahjono Samingan. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada Press.

- Olurin KB, Olojo EAA, Mbaka GO and Akindele AT. 2006. Histopathological responses of the gill and liver tissues of *Clarias gariepinus* fingerlings to the herbicide, glyphosate, African Journal of Biotechnology. *Academic Journals* 5 (24): 2480-2487.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Pantung, Nuntiya, Kerstin, G. Helander, Herbert F. H. dan Voravit C. 2008. Histopathological Alterations of Hybrid Walking Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) in Acute and Subacute Cadmium Exposure. *Environment Asia* 1 : 22-27.
- Plumb, J.A. 1994. Optimum concentration of *Edwardsiella ictaluri* vaccine in feed for oral vaccination of channel catfish. *Journal of aquatic Animal Health* 6, 118-121.
- Sandi, E. 1994. Pengaruh Polutan Tersuspensi Terhadap Tingkat Kematian dan Pertumbuhan Bandeng (*Chanos chanos Forskal*) pada media uji. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Spector, TD. 1993. *Pengantar Patologi Umum*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sudarwin. 2008. Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) Pada Sedimen Aliran perairan dari tempat pembuangan akhir (TPA) sampah Jatibarang Semarang (*Tesis*). Semarang: Universitas Diponegoro
- Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 1400*. Jakarta. Grasindo.
- Tandjung, S.D. 1982. The role of Indonesian traditions, values, and believes in natural resource conservation and environmental management. Paper presented in the International Seminar on Human Ecology, Tourism, and Sustainable Development. Denpasar.
- Wardhana, LS. 2005. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Andi.

Lampiran 1. Foto Lokasi Penelitian



Foto 1. Stasiun 1(disekitar PDAM)



Foto 2. Stasiun 2 (pertemuan Kreo dan Kripik)



Foto 3. Stasiun 3 (Tempuran)

Lampiran 2. Foto Pengukuran Faktor Lingkungan di perairan Kaligarang



Foto 4. Pengukuran suhu perairan Kaligarang



Foto 5. Pengukuran pH perairan Kaligarang



Foto 6. Pengambilan sampel air di perairan sungai Kaligarang

Lampiran 3. Foto Sampel Penelitian



Foto 7. Sampel ikan di perairan Kaligarang



Foto 8. Sampel air di perairan Kaligarang

Lampiran 4. Foto preparat yang digunakan dalam penelitian.



Foto 9. Plat organ insang ikan dengan metode Paraffin-Eosin

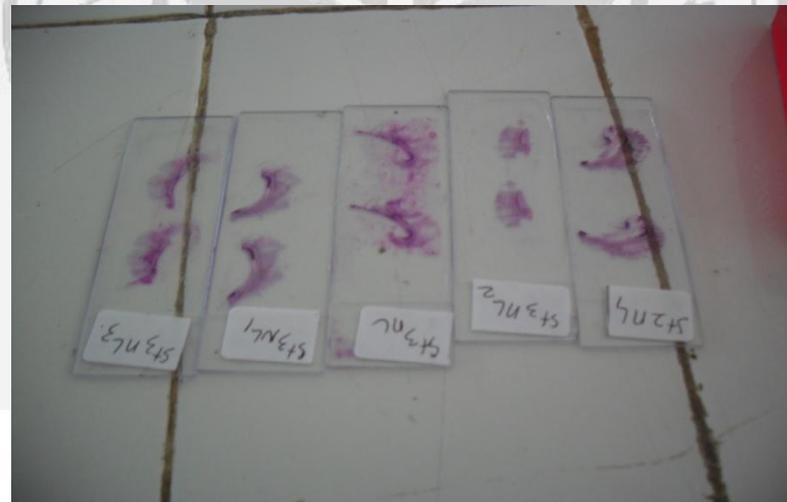


Foto 10. Preparat mikroskopis organ insang ikan

Lampiran 5. Hasil Pengujian Kandungan logam Berat dan Faktor Abiotik Perairan Kaligarang.



UNIT JASA INDUSTRI
LABORATORIUM JURUSAN KIMIA
 JURUSAN KIMIA FAKULTAS MIPA - UNNES
 Gedung D-8 Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang (50229)
 Telp. 024 – 8508035; Blog; <http://blog.unnes.ac.id/labkim>

Form-3/LK/UJI/10 Nomor : 181/LK/UJI /2012
Number

SERTIFIKAT PENGUJIAN

Test Certificate

Dibuat untuk : Nanang Setyawan-
Certified For FMIPA_UNNES

Jenis / Nama Contoh : Cair / Air Sungai Kaligarang
Type/ Name Of Sample

Parameter : CD, Pb, BOD, COD
Parameters

Tanggal penerimaan contoh : November 2012
Sample receive on

Tanggal pengujian contoh : November 2012
Sample tested on

HASIL PENGUJIAN

Test Result

Nama contoh	Kode	Label	Parameter	Hasil Uji	Satuan	Metode
Air Sungai Kaligarang	152/A/2012	Stasiun 1	CD	Nd	ppm	AAS
		Stasiun 2		Nd	ppm	AAS
		Stasiun 3		Nd	ppm	AAS
		Stasiun 1	Pb	0,444	ppm	AAS
		Stasiun 2		0,456	ppm	AAS
		Stasiun 3		0,477	ppm	AAS
		Stasiun 1	BOD	7,2	mg/L	Spektrofotometri
		Stasiun 2		7,8	mg/L	Spektrofotometri
		Stasiun 3		7,0	mg/L	Spektrofotometri
		Stasiun 1	COD	10,81	mg/L	Spektrofotometri
		Stasiun 2		10,31	mg/L	Spektrofotometri
		Stasiun 3		13,85	mg/L	Spektrofotometri

Ket : ND= not detected ; Limit deteksi Cd= 0,05 ppm; limit deteksi Pb=0,039 ppm

Semarang, 5 Desember 2012
Direktor Program UJI

Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si
 NIP. 4196904041994021001

Catatan : 1. Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji
Note These test result are only valid for the tested samples
 2. Sertifikat ini tidak boleh diperbanyak/digandakan tanpa ijin dari Direktur Program Uji
The certificate shall not be reproduce/copied without permission of the UJI program Director

Lampiran 6. Hasil Pengujian Logam Berat di Perairan Kaligarang Semarang.


Kementerian Perindustrian
 Republik Indonesia

Badan Pengkajian Kebijakan, Iklim dan Mutu Industri
BALAI BESAR TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI
 Jl. Ki Mangunsarkoro No. 6 Telp. (024) 8316315, 8314312, 8310216 Fax. (024) 8414811
 E-mail : BBTPPIsmg@yahoo.com Tromol Pos. 829
 SEMARANG - 50136

Nomor Seri : 004286
 Serial Number :

Halaman : 1 dari 1
 Page :

F.5.10/0/1/1

LAPORAN PENGUJIAN
REPORT OF ANALYSIS

Nomor Contoh / Sample Number : 3193. 2012 s/d 3195.2012 / BA. 1356 - 1358

Jenis Contoh / Material : Air Sungai

Cap / Kode / Mark / Code : Stasiun I ; II; III.

Parameter / Parameters : -

Asal Contoh / Sample's Origin : NANANG SETYAWAN
 Jl. Banaran – Gunungpati, Semarang

Dibuat Untuk / Executed : NANANG SETYAWAN
 Jl. Banaran – Gunungpati, Semarang

Tgl. Pengambilan Contoh / Sample Taken on : -

Tgl. Penerimaan Contoh / Sample Received on : 13 Nopember 2012

Kemasan / Packing : Botol

HASIL ANALISA

No	Parameter	Satuan	BA. 1356 I	BA. 1357 II	BA. 1358 III	Metode Uji
1	Hg	mg/L	< 0,002	< 0,002	< 0,002	SSA

Semarang, 6 Desember 2012
 Kepala Laboratorium Pengujian

Heny Yuliana Istiyanto, S.TP
 16 200312 1 001

- Dilarang mengutip/mengcopy dan/atau mempublikasikan sebagian/sepuluh isi laporan ini tanpa seijin Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri
 - Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji
 - It is prohibited to copy/reproduce to publish all/partly of this report without permission of Centre for Industrial Pollution Control Technology
 - This test result refers to the tested sample only

Lampiran 7. Hasil Pengujian Logam Berat di Perairan Kaligarang Semarang.

Badan Pengkajian Kebijakan, Iklim dan Mutu Industri
BALAI BESAR TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI
 Jl. KI Mangunsarkoro No. 6 Telp. (024) 8316315, 8314312, 8310216 Fax. (024) 8414811
 E-mail : BBTPP1smg@yahoo.com Tromol Pos. 829
 SEMARANG - 50136

Nomor Seri : 004530
 Serial Number

F.5.10/0/1/1 Halaman : 1 dari 1
Page

LAPORAN PENGUJIAN
REPORT OF ANALYSIS

Nomor Contoh : 3427. 2012 s/d 3429. 2012 / PI. 259-261
Sample Number

Jenis Contoh : Air Sungai
Material

Cap / Kode : St. 1 ; 2; 3.
Mark / Code

Parameter : -
Parameters

Asal Contoh : NANANG SETYAWAN
Sample's Origin
 Jl. Banaran – Gunungpati, Semarang

Dibuat Untuk : NANANG SETYAWAN
Executed
 Jl. Banaran – Gunungpati, Semarang

Tgl. Pengambilan Contoh : -
Sample Taken on

Tgl. Penerimaan Contoh : 6 Desember 2012
Sample Received on

Kemasan : -
Packing

HASIL ANALISA AIR SUNGAI

No	Kode Contoh	Satuan	Kadmium (Cd)	Timbal (Pb)	Raksa (Hg)
1	Kode : St.1	mg/L	< 0,005	< 0,030	< 0,001
2	Kode : St.2	mg/L	< 0,005	< 0,030	< 0,001
3	Kode : St.3	mg/L	< 0,005	< 0,030	< 0,001

Keterangan : - Contoh dikirim
 - Parameter uji sesuai permintaan pengirim contoh.

Semarang, 17 Desember 2012
 Dept. Manajer Teknik
 Laboratorium Pengujian
 Anis Nurhita, S.Si, M.Si
 NIP. 19740306 200212 2 002

• Dilarang mengutip/mengcopy dan/atau memodifikasi/keseluruhan isi laporan ini tanpa seijin Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri
 • Hasil pengujian ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji
 • It is prohibited to copy/and/or to publish all/partly of this report without permission of Centre for Industrial Pollution Control Technology
 • This result refers to the tested sample only

Lampiran 8. Hasil analisa air sungai Kaligarang tanggal 9 September 2011.

HASIL ANALISA AIR SUNGAI KALIGARANG
TANGGAL PENGAMBILAN 9 SEPTEMBER 2011

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa		Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Kadar Maksimum (PP No.82/2001)			
			KG V	KG VI	Kelas I	Kelas II	Kelas III	Kelas IV
			11.20	10.40				
	I. FISIKA							
1	Temperatur	°C	30,2	26,6	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5
2	Residu Terlarut	mg/l	250	130	1000	1000	1000	1000
3	Residu Tersuspensi	mg/l	26	25	50	50	400	400
	II. KIMIA							
1	pH	-	8,21	7,51	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
2	BOD	mg/L	2,918	3,072	2	3	6	12
3	COD	mg/L	37,04	30,23	10	25	50	100
4	DO	mg/L	8,03	7,49	6	4	3	0
5	Total Fosfat sebagai P	mg/L	0,066	< 0,001	0,2	0,2	1	5
6	NO ₃ sebagai N	mg/L	0,554	0,430	10	10	20	20
7	Amoniak (NH ₃ N)	mg/L	-	-	0,5	-	-	-
8	Arsen (As)	mg/L	-	-	0,05	1	1	1
9	Kobalt (Co)	mg/L	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2
10	Barium (Ba)	mg/L	-	-	1	-	-	-
11	Boron (B)	mg/L	-	-	1	1	1	1
12	Selenium (Se)	mg/L	-	-	0,01	0,05	0,05	0,05
13	Kadmium (Cd)	mg/L	< 0,005	< 0,005	0,01	0,01	0,01	0,01
14	Kromium Valensi 6 (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,05	0,05	1
15	Tembaga (Cu)	mg/L	< 0,005	< 0,005	0,2	0,2	0,2	0,2
16	Besi (Fe)	mg/L	-	-	0,3	-	-	-
17	Timbal (Pb)	mg/L	< 0,030	< 0,030	0,3	0,3	0,3	1
18	Mangan (Mn)	mg/L	-	-	0,1	-	-	-
19	Air Raksa (Hg)	mg/L	-	-	0,001	0,002	0,002	0,005
20	Seng (Zn)	mg/L	0,017	< 0,010	0,05	0,05	0,05	2
21	Klorida (Cl)	mg/L	-	-	600	-	-	-
22	Sianida (CN)	mg/L	< 0,002	< 0,002	0,02	0,02	0,02	-
23	Fluorida (F)	mg/L	-	-	0,5	1,5	1,5	-
24	Nitrit sebagai N (NO ₂)	mg/L	0,064	0,004	0,06	0,06	0,06	-
25	Sulfat	mg/L	-	-	400	-	-	-
26	Klorin Bebas	mg/l.	< 0,002	< 0,002	0,03	0,03	0,03	-
27	Belerang sebagai S	mg/L	0,008	0,010	0,002	0,002	0,002	-
	III. KIMIA ORGANIK							
1	Minyak dan Lemak	µg/L	-	-	1000	1000	1000	-
2	Deterjen sebagai MBAS	µg/L	1	11	200	200	200	-
3	Senyawa Phenol sebagai Phenol	µg/L	< 1	< 1	1	1	1	-
	IV. MIKROBIOLOGI							
1	Fecal Coliform	MPN/100 mL	35.000	≥ 160.000	100	1000	2000	2000
2	Total Coliform	MPN/100 mL	54.000	≥ 160.000	1000	5000	10000	10000

Seto, 26 Oktober 2011
Asisten Manajer Teknik
Laboratorium Pengujian

[Signature]
Arman Rifin Arbunowo, S.Si
6690618 199403 1 003



Lampiran 9. Sampel Ikan yang digunakan dalam penelitian di Perairan Kaligarang.

No	Stasiun	Jenis Ikan	Panjang	Berat
1	1	Nila	6 cm	18,6 gr
2	1	Nila	5,5 cm	19,6 gr
3	1	Nila	4,8 cm	19 gr
4	1	Nila	5,3 cm	18 gr
5	1	Nila	6,2 cm	19,3 gr
6	2	Nila	5,5 cm	17,5 gr
7	2	Wader	5,7 cm	16,2 gr
8	2	Nila	4.7 cm	117,3 gr
9	2	Nila	5 cm	16,8 gr
10	2	Wader	5,2 cm	15,7 gr
11	3	Nila	4,7 cm	17 gr
12	3	Nila	5 cm	18,2 gr
13	3	Gabus	12cm	161 gr
14	3	Nila	6,3 cm	17,8 gr
15	3	Nila	5,4 cm	18,6 gr