

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data tentang konsentrasi logam berat Cd dan Hg pada Kerang Darah, air, sedimen dan gambaran histologi insang Kerang Darah serta kualitas fisika kimia perairan yang meliputi: suhu, salinitas, DO dan pH di pantai Bangil Kabupaten Pasuruan.

4.1 Kadar Cd dan Hg Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*)

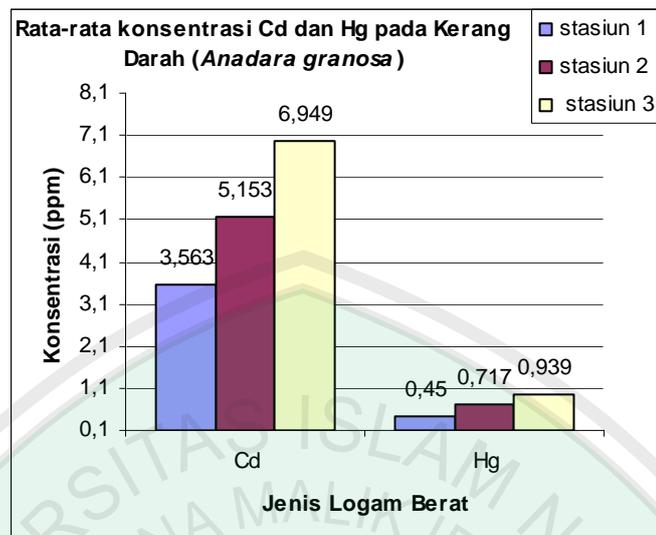
Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data kandungan logam berat Cd dan Hg pada Kerang Darah di Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan.

Tabel 4.1 Data hasil kadar Cd dan Hg pada Kerang Darah di Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan

Ulangan	Rata-rata Kandungan Cd dalam sampel kerang (ppm)			Rata-rata Kandungan Hg dalam sampel kerang (ppm)		
	Stasiun			Stasiun		
	I	II	III	I	II	III
1	3,533	4,982	6,986	0,455	0,703	0,927
2	3,431	5,145	6,781	0,438	0,711	0,939
3	3,726	5,330	7,079	0,403	0,737	0,953
Rata-rata	3,563	5,152	6,949	0,465	0,717	0,939
B. Mutu	1			0,5		

Keterangan: Standart ketentuan baku mutu kandungan logam berat pada makanan, menurut standart WHO dan POM.

Hasil analisis konsentrasi logam berat Cd dan Hg pada Kerang Darah di Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan menunjukkan nilai yang bervariasi pada setiap stasiun.



Gambar 4.1 Rata-rata kadar Cd dan Hg Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 4.1 bila dibandingkan antara hasil kandungan logam Cd dengan Hg pada Kerang Darah, rata-rata konsentrasi logam Cd lebih tinggi dibandingkan dengan logam Hg. Nilai konsentrasi tertinggi untuk logam Cd terdapat pada stasiun 3, yang bernilai rata-rata 6,949 ppm. Sedangkan nilai konsentrasi terendah terdapat pada stasiun 1, bernilai 3,563 ppm. Untuk logam Hg nilai konsentrasi tertinggi juga terletak pada stasiun 3 dengan nilai konsentrasi rata-rata 0,939 ppm, dan untuk konsentrasi terendah terdapat pada stasiun 1 yang bernilai 0,45 ppm.

Sumber utama pencemaran logam berat di pantai Bangil Kabupaten Pasuruan dapat berasal dari limbah industri maupun limbah rumah tangga (domestik) setempat. Menurut Connell dan Miller (1995) sejumlah logam dapat terkandung dalam limbah rumah tangga melalui sampah-sampah dan korosi pipa-pipa air (Cu, Hg, Pb, Zn, dan Cd). Demikian juga halnya dengan industri yang mengolah limbahnya menggunakan lumpur aktif yang membuang limbah lumpur

tersebut ke perairan ataupun pencucian lumpur industri turut menyumbangkan pengkayaan logam-logam Cu, Hg, Pb, Zn, Cd, dan Ag ke dalam air penerima.

Allah SWT telah memberikan banyak kenikmatan yang tidak terhingga kepada seluruh umat manusia di dunia yaitu berupa hamparan lautan yang berisikan beragam hewan laut yang mempunyai kandungan protein tinggi untuk dikonsumsi. Salah satu contohnya adalah kerang darah. Namun, dengan seiring berjalannya waktu perkembangan industri dan pembangunan semakin meningkat, sehingga perlu diwaspadai adanya dampak pencemaran yang disebabkan oleh meningkatnya perkembangan industri. Sudah sepatutnya umat manusia lebih mensyukuri dengan cara memelihara kelestarian lingkungan hidup dengan baik. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam surat an-Nahl ayat 14:

وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ حِلْيَةً تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ مَوَاجِرَ فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ ۗ وَلِعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿١٤﴾

"Dan Dia-lah, Allah yang menundukkan lautan (untukmu), agar kamu dapat memakan daripadanya daging yang segar (ikan), dan kamu mengeluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai; dan kamu melihat bahtera berlayar padanya, dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karunia-Nya, dan supaya kamu bersyukur" (QS.an-Nahl: 14).

4.1.1 Kadar Cd Pada Kerang Darah

Hasil analisis rata-rata konsentrasi logam kadmium pada Kerang Darah di Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan (Gambar 4.1) menunjukkan nilai konsentrasi rata-rata tertinggi terdapat pada stasiun 3, yang bernilai 6,949 ppm. Hal ini disebabkan pada stasiun 3 terletak dekat dengan muara pembuangan limbah

lumpur Lapindo, sekitar 5 km dari muara pembuangan. Selain itu, di stasiun 3 juga berdekatan dengan muara pembuangan limbah dari pusat industri Rembang serta industri lokal Bangil. Sedangkan konsentrasi terendah terdapat pada stasiun 1 dengan nilai 3,563 ppm.

Akumulasi logam Cd yang tinggi pada kerang darah di pantai Bangil Kabupaten Pasuruan karena Kerang Darah bersifat *filter feeder* yaitu menyaring air dan makanan yang masuk ke dalam tubuhnya. Selain itu, sifat kerang yang mencari makan di dasar perairan pada lingkungan sedimen akan menyebabkan kerang akan sangat mungkin terkontaminasi logam Cd dari pakan organisme tersebut yang berupa organisme detritus yang dimungkinkan telah mengabsorpsi logam Cd dari sedimen di dasar pantai yang merupakan habitatnya (Nanty, 1999).

Besarnya kandungan Cd pada kerang darah sangat berkaitan dengan sifat logam tersebut yang mudah terendapkan membentuk sedimen serta bersifat akumulatif (Rahman, 2005). Logam Cd masuk ke tubuh kerang melalui penyerapan pada permukaan tubuh, secara difusi dari lingkungan perairan (Conell dan Miller, 1995).

Pencemaran logam Cd yang terjadi di Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan terutama disebabkan oleh pembuangan limbah dari industri yang menggunakan logam berat dalam proses produk industrinya, seperti industri untuk *electroplating* (pelapisan elektrik), serta galvanisasi karena Cd memiliki keistimewaan nonkorosif. Selain itu digunakan sebagai pigmen warna cat, plastik, keramik, pembuatan tabung TV, percetakan tekstil dan pigmen untuk gelas.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapang, sampai tahun 2010 mengalami penambahan jumlah industri, baik itu di daerah pusat industri Rembang maupun Bangil. Jumlah pusat industri Rembang sampai tahun 2010 \pm 60 industri asing. Sedangkan untuk area industri Bangil juga mengalami penambahan \pm 1-3 industri setiap tahunnya.

Berdasarkan hasil penelitian Fitriyah (2007) kawasan perairan di Pantai Lekok Kabupaten Pasuruan, bahwa kerang bulu (*Anadara antiquata*) yang dijual di pasar Lekok mengandung logam Cd yang sudah melebihi ambang batas maksimum, sehingga kurang baik untuk dikonsumsi. Pencemaran dari arah Surabaya diperkuat dengan hasil penelitian Trisnawati (2008) yang telah melakukan penelitian pada kerang hijau di Pantai Kenjeran Surabaya, hasil penelitiannya menjelaskan bahwa kerang hijau mengandung berat Cd, nilai konsentrasi rata-rata tertinggi 6,73-7,37 ppm. Hasil tersebut sudah melebihi ambang batas yang dianjurkan oleh WHO.

يَسْأَلُونَكَ مَاذَا أُحِلَّ لَهُمْ ۖ قُلْ أُحِلَّ لَكُمْ الْطَّيِّبَاتُ ۗ

"Mereka menanyakan kepadamu: "Apakah yang Dihalalkan bagi mereka?". Katakanlah: "Dihalalkan bagimu yang baik-baik" (QS. al-Maidah: 4)

Dari firman Allah SWT di atas memberikan pesan bahwa Islam tidak membiarkan umatnya dalam kondisi yang lemah secara fisik (tubuh) sehingga terganggu kesehatannya. Sesuai dengan sabda Rasulullah saw. yaitu:

"Seorang mukmin yang kuat lebih disukai dan lebih baik di sisi Allah dari pada seorang mukmin yang lemah."

Dari hadist tersebut, sudah jelas bahwa kita sebagai umat muslim harus selalu memperhatikan bahan konsumsi sehari-hari, agar terhindar dari berbagai penyakit.

4.1.2 Kadar Hg Pada Kerang Darah

Hasil analisis logam merkuri pada kerang di Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan memiliki nilai konsentrasi yang rendah dibandingkan dengan logam Cd. (Gambar 4.3) menunjukkan nilai konsentrasi rata-rata tertinggi terdapat pada stasiun 3, yang bernilai 0,939 ppm. Sedangkan konsentrasi terendah terdapat pada stasiun 1 dengan nilai 0,665 ppm. Tingginya konsentrasi logam Hg pada Kerang Darah karena terjadinya proses akumulasi merkuri di dalam tubuh hewan air, kecepatan pengambilan merkuri (*up take rate*) oleh organisme air lebih cepat dibandingkan dengan proses ekresi (Sanusi, 1980).

Interaksi logam Hg dengan sel mengikuti beberapa langkah yaitu: difusi logam dari larutan ke permukaan biologis, sorpsi/kompleksasi logam pada sisi ikatan pasif dalam lapisan pelindung atau sisi pengikat spesifik pada permukaan luar membran plasma dan pengambilan atau internalisasi logam yang diangkut sepanjang membran plasma (Suseno, 2007).

Pengaruh merkuri di dalam tubuh diduga karena dapat menghambat kerja enzim dan menyebabkan kerusakan sel disebabkan kemampuan merkuri untuk terikat dengan grup yang mengandung sulfur di dalam molekul yang terdapat di dalam enzim dan dinding sel. Keadaan ini mengakibatkan penghambatan aktivitas enzim dan reaksi kimia yang dikatalis oleh enzim tersebut di dalam tubuh. Sifat-sifat membran dari dinding sel akan rusak karena pengikatan dengan merkuri sehingga aktivitas sel yang normal akan terganggu (Fardiaz, 1992).

Tingginya konsentrasi merkuri pada stasiun 3 diduga karena letaknya berdekatan dengan muara pembuangan limbah lumpur Lapindo, sekitar 5 km dari muara pembuangan. Selain itu, stasiun 3 juga berdekatan dengan muara pembuangan limbah dari pusat industri Rembang dan industri Bangil. Pabrik yang berpotensi menghasilkan limbah Hg di area industri tersebut diantaranya seperti: industri peralatan kendaraan bermotor, cat, pupuk pestisida, peralatan elektronik, kertas, plastik, kosmetik, industri produksi bahan kimia baik organik dan organik dan lain-lain.

Terdapatnya merkuri di perairan dapat disebabkan oleh kegiatan perindustrian seperti pabrik cat, kertas, peralatan listrik, chlorine dan *coustic soda* (Budiono, 2003). Berdasarkan Widowati (2008) berbagai produk yang mengandung Hg, diantaranya adalah bola lampu, penambal gigi dan termometer. Hg juga digunakan dalam industri kertas, baterai, farmasi, kedokteran gigi dan pertanian. Menurut Mandlli di dalam Portmann (1976) beberapa sumber polutan yang menyebabkan penimbunan merkuri di lingkungan laut, yang terpenting adalah industri penambangan logam, industri biji besi, termasuk *metal plating*, industri yang memproduksi bahan kimia, baik organik maupun anorganik, dan sampah domestik, Lumpur dan lain-lain

Sesuai dengan hasil penelitian Fitriyah (2007) kawasan perairan di Pantai Lekok Kabupaten Pasuruan, bahwa kerang bulu yang dijual di pasar Lekok mengandung logam berat Hg mencapai 0,793 ppm, hasil tersebut sudah melebihi ambang batas, sehingga kurang baik untuk dikonsumsi. Peristiwa lain keracunan merkuri yang terjadi di Jepang, dimana penduduk disekitar teluk Minamata

keracunan merkuri akibat hasil buangan limbah dari suatu pabrik plastik, sehingga mengakibatkan tercemarnya ikan oleh Hg hingga mencapai 11 mg/kg ikan segar. Hg juga dibuang ke sungai Agano sehingga ikan yang tercemar mencapai 10 mg/kg ikan segar, dan akhirnya merkuri yang terdapat dalam ikan termakan oleh penduduk di sekitar teluk Minamata (Palar, 1994).

Transformasi merkuri dapat dilakukan oleh phytoplankton dan bakteri, disebabkan kedua organisme tersebut relatif mendominasi suatu perairan, dan juga oleh *sea grasses*. Bakteri dapat merubah merkuri menjadi methyl merkuri, dan membebaskan merkuri dari sendimen. Merkuri di alam umumnya terdapat sebagai methyl merkuri, yaitu bentuk senyawa organik dengan daya racun tinggi dan sukar terurai dibandingkan zat asalnya (Hamidah, 1980). Merkuri yang dapat diakumulasi adalah merkuri yang berbentuk methyl merkuri, yang mana dapat diakumulasi oleh ikan, dan juga merupakan racun bagi manusia (FAO, 1971).

Makanan yang baik atau makanan yang tidak mengandung zat karsinogenik sangat penting dalam menunjang pertumbuhan tubuh manusia. Kondisi protein yang tidak seimbang akan mengakibatkan penurunan proses pertumbuhan dan perkembangan. Kandungan protein antara nabati dan hewani dibutuhkan oleh tubuh manusia harus dalam keadaan seimbang, oleh karena itu kita dianjurkan untuk mengkonsumsi kedua sumber tersebut demi keseimbangan dalam tubuh. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam surat an-Nahl ayat 114:

فَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَلًا طَيِّبًا وَاشْكُرُوا نِعْمَتَ اللَّهِ إِنَّ كُنتُمْ لِيَّاهُ
تَعْبُدُونَ

”Maka makanlah yang halal lagi baik dari rezki yang telah diberikan Allah kepadamu; dan syukurilah nikmat Allah, jika kamu hanya kepada-Nya saja menyembah” (QS.an-Nahl: 114).

يَتَأْتِيهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا كُلُوا مِن طَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ وَاشْكُرُوا لِلَّهِ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ ﴿١٧٢﴾

”Hai orang-orang yang beriman, makanlah di antara rezki yang baik-baik yang Kami berikan kepadamu dan bersyukurlah kepada Allah, jika benar-benar kepada-Nya kamu menyembah” (QS.al-Baqarah: 172).

Ayat di atas menjelaskan bahwa mengkonsumsi makanan yang mengandung protein seimbang sangat penting bagi tubuh. mengkonsumsi makanan yang baik dan halal akan meningkatkan metabolisme dalam tubuh untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan. Berdasarkan hal tersebut, diketahui bahwa mengkonsumsi makanan yang baik dan halal dan mencukupi protein akan mencukupi kebutuhan tubuh secara lahir dan batin.

4.2 Kadar Cd dan Hg Pada Air laut dan Sedimen

Tabel 4.2 Data hasil kadar Cd dan Hg pada air dan sedimen di Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan

Stasiun	Total Logam Berat (ppm)			
	Air		Sedimen	
	Cd	Hg	Cd	Hg
1	1,213	0,217	15,171	12,186
2	1,621	0,409	19,211	15,176
3	3,112	0,724	21,136	16,612
B. Mutu	0,001	0,001	0,1-2 ppm	0,02-0,035

Keterangan: Standart ketentuan baku mutu kandungan logam berat pada sedimen

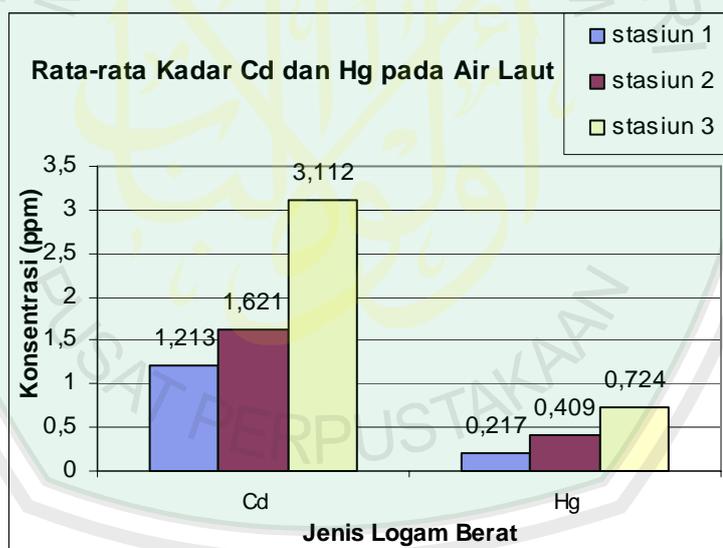
yang direkomendasikan RNO (*Resean National d'Observation*)

dan baku mutu air laut untuk biota laut berdasarkan Kepmen LH No. 51 2004

Berdasarkan hasil analisis logam berat Cd dan Hg pada air laut dan sedimen (Gambar 4.2 dan 4.3) diketahui terdapat variasi konsentrasi. Jumlah

konsentrasi logam Cd dan Hg pada sedimen lebih banyak dari pada air laut. Dari hasil penelitian Fitriyah (2007) di pantai Lekok Kabupaten Pasuruan juga diperoleh hasil yang sama bahwa kandungan logam Cd dan Hg paling tinggi terdapat pada sedimen. Tingginya logam berat pada sedimen disebabkan karena logam berat terlarut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang meliputi permukaan sedimen dan penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen (Arisandi, 2002).

4.2.1 Kadar Cd dan Hg Pada Air Laut



Gambar 4.2. Kadar Cd dan Hg Pada Air Laut

Kadar Cd dalam air laut tertinggi terdapat pada stasiun 3 yaitu 3,112 ppm dan terendah pada stasiun 1 yaitu 1,213 ppm. Sedangkan kadar Hg tertinggi pada air laut juga terdapat pada stasiun 3 mencapai 0,724 ppm dan terendah juga terdapat pada stasiun 1 sebanyak 0,247. Bila dibandingkan dengan baku mutu

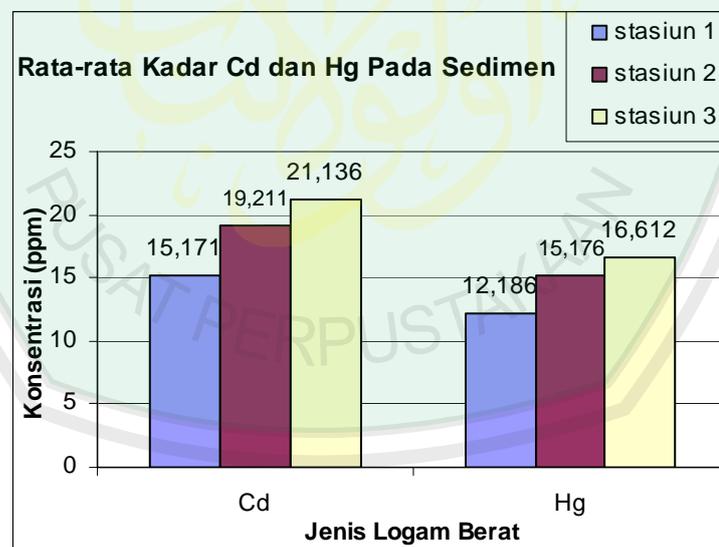
logam berat untuk air laut dari Kepmen LH No. 51 Tahun 2004 nilai ambang batas untuk Cd dan Hg adalah 0,001 ppm maka bisa dikatakan kadar logam berat Cd dan Hg air laut di Pantai Bangil Kab. Pasuruan sudah melebihi nilai ambang batas yang telah ditetapkan.

Secara alamiah logam berat biasanya sangat sedikit sekali ditemukan dalam air, yaitu kurang dari $1\mu\text{g/l}$. menurut standart Indonesia yang dilaporkan Palupi (1994) menyatakan bahwa standart alamiah logam berat Hg untuk kehidupan di perairan laut yaitu sebesar $0,15\mu\text{g/l}$ dan standart logam Cd untuk kehidupan di perairan laut yaitu sebesar $0,2\mu\text{g/l}$. Logam berat dalam badan perairan pada konsentrasi tertentu dapat berubah fungsi menjadi sumber racun bagi kehidupan perairan. Meskipun daya racun yang ditimbulkan oleh satu jenis logam berat terhadap semua organisme perairan tidak sama, namun kematian dari satu kelompok dapat menjadikan terputusnya satu mata rantai kehidupan. Pada tingkat selanjutnya, keadaan tersebut akan memperburuk ekosistem perairan (Palar, 1994).

Biota air yang hidup dalam perairan tercemar logam berat, dapat mengakumulasi logam berat yang ada di perairan dalam jaringan tubuhnya sehingga terjadilah proses bioakumulasi (zat polutan yang terdapat/menetap tubuh organisme) dan biomagnifikasi (zat polutan yang menetap dalam tubuh organisme dan mampu bergerak ke tingkat trofik yang lebih tinggi dalam rantai makanan) yang mana akan berimplikasi kepada manusia, karena manusia adalah pemegang posisi puncak (*trophic level*) pada hampir semua rantai makanan dalam ekosistem

Adanya logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat (PPLH-IPB, 1997; Sutamihardja, 1982) yaitu: 1. Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan), 2. Dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut dan 3. Mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air.

4.2.2 Kadar Cd dan Hg Pada Sedimen



Gambar 4.3. Kadar Cd dan Hg Pada Sedimen

Kadar Cd dalam sedimen tertinggi terdapat pada stasiun 3 sebanyak 21,136 ppm, sedangkan terendah terdapat pada stasiun 1 yaitu 15,171 ppm. Untuk kadar Hg tertinggi berada pada stasiun 3 dengan nilai 16,612 ppm dan terendah

berada pada stasiun 1 yaitu 12,186 ppm. Bila dibandingkan dengan standart baku mutu logam berat untuk sedimen berdasarkan RNO (*Reseau National d'Observation*) kadar untuk Cd pada sedimen yaitu 0,1-2 ppm dan Hg adalah 0,02-0,035 ppm, maka dapat dikatakan bahwa kadar logam berat Cd dan Hg telah melebihi nilai ambang batas yang ditentukan.

Kadar alamiah kadmium untuk sedimen yang telah direkomendasikan oleh RNO (*Reseau National d'Observation*) adalah sebesar 0,1 ppm sampai 2.0 ppm. Adapun menurut RNO kadar alamiah untuk logam berat merkuri sebesar 0,02-0,035 ppm. Berdasarkan hasil analisis logam berat untuk sedimen pantai Bangil Kab. Pasuruan, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi logam berat Cd dan Hg telah melebihi nilai ambang batas yang ditentukan.

Penyebaran logam berat Cd dan Hg pada air laut dan sedimen di stasiun 3 mempunyai nilai paling tinggi jika dibandingkan dengan stasiun 1 dan 2, karena pada stasiun 3 merupakan tempat yang terdekat dengan muara pembuangan lumpur Lapindo dan muara pembuangan limbah oleh pusat industri Rembang. Disamping itu, adanya permukiman penduduk yang banyak memanfaatkan laut sebagai tempat pembuangan limbah domestik baik limbah organik maupun anorganik. Selain itu, pencemaran logam berat juga berasal dari pemanfaatan dibidang perikanan yang memanfaatkan perahu bermotor yang dapat menimbulkan pencemaran logam berat karena bahan bakar perahu tersebut.

Kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air laut, yaitu menunjukkan adanya akumulasi logam berat dalam sedimen. Hal ini dimungkinkan karena logam berat dalam air mengalami proses pengenceran

dengan adanya pengaruh pola arus pasang surut. Rendahnya kadar logam berat dalam air laut, bukan berarti bahan cemaran yang mengandung logam berat tersebut tidak berdampak negatif terhadap perairan, tetapi lebih disebabkan oleh kemampuan perairan tersebut untuk mengencerkan bahan cemaran yang cukup tinggi. Baku mutu logam berat di dalam lumpur atau sedimen di Indonesia belum ditetapkan, padahal senyawa-senyawa logam berat lebih banyak terakumulasi dalam sedimen (karena proses pengendapan) yang terdapat kehidupan biota dasar (Rochyatun, 2006).

Pada penelitian terhadap sedimen di muara kali Wonokromo ditemukan kandungan Cd 11,749 ppm dan di muara kali Wonorejo sebesar 7,7468 ppm. Kadar Hg dalam air di beberapa lokasi sepanjang kali Surabaya di daerah Driyorejo sebesar 0,0584-0,0892 ppm, semuanya telah melebihi nilai ambang batas Peraturan Pemerintah (Arisandi, 2001).

Kadmium, timbal dan merkuri merupakan jenis logam yang dikenal sebagai *the big three heavy metal* yang memiliki tingkat bahaya tertinggi bagi kesehatan manusia. Logam-logam tersebut sering digunakan dalam kegiatan industri (Darmono, 2001).

Allah SWT telah menciptakan segala isinya yang ada bumi ini dengan segala keseimbangannya. Dalam surat al-A'raf ayat 85 Allah SWT memerintahkan kepada manusia untuk tetap menjaga bumi dan segala isinya supaya keseimbangan dan kelestarian tetap terjaga. Sebagaimana firman Allah SWT dalam surat al-A'raf 85 adalah sebagai berikut:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا ۚ ذَلِكُمْ خَيْرٌ لَّكُمْ إِن كُنْتُمْ مُؤْمِنِينَ ﴿٨٥﴾

"Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi sesudah Tuhan memperbaikinya. yang demikian itu lebih baik bagimu jika betul-betul kamu orang-orang yang beriman" (QS.al-A'raf: 85).

4.3 Parameter Fisika dan Kimia Perairan dan Pengaruhnya Terhadap Kerang Darah

Parameter fisika kimia perairan yang diamati pada penelitian ini meliputi parameter suhu, salinitas, pH dan DO. Hasil pengamatan kondisi fisika dan kimia perairan yang dilakukan selama penelitian memberikan gambaran mengenai kondisi perairan Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan seperti terlihat pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Data hasil parameter kualitas fisika dan kimia Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan

Stasiun	Parameter			
	Suhu (°C)	Salinitas (‰)	DO (ppm)	pH
1	28,3-29,6	28-30	6,75-7,10	7,9-8,2
2	28,6-29,8	20-26	5,98-6,78	8,2-8,3
3	28,7-30,1	18-20	5,45-5,92	8,3-8,4
B. Mutu	28,0 – 30,0	0,5 – 30	> 5	7,00 – 8,50

Keterangan: Standart ketentuan baku mutu air laut berdasarkan Kep. Kepmen LH No. 51 2004

4.3.1 Suhu

Berdasarkan hasil pengukuran suhu air permukaan perairan selama pengamatan di Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan berkisar antara 28,3-30,1°C. Suhu terendah terletak pada stasiun 1 yaitu 28,3°C, sedangkan suhu tertinggi terletak pada stasiun 3 yaitu 30,1°C.

Hasil penelitian ini dapat menunjukkan bahwa Kerang Darah dapat hidup dengan cukup baik. Suhu tersebut masih pada ambang batas aman karena kerang

masih dapat bertahan hidup dengan baik. Suhu juga sangat berperan dalam proses metabolisme di dalam tubuh ikan. Berdasarkan Connel (1995) peningkatan suhu dapat menurunkan daya tahan tubuh terhadap racun atau bahan asing dari luar.

Suhu air mempunyai peran penting dalam kecepatan laju metabolisme dan respirasi biota air. Toleransi biota laut terhadap temperatur berbeda-beda tergantung jenis spesies, DO, jenis dan tingkat pencemaran dan lamanya lingkungan terkena panas. Biota yang hidup dalam air yang mempunyai suhu relatif tinggi akan mengalami kenaikan kecepatan respirasi selanjutnya meningkatkan konsumsi oksigen. Suhu yang relatif tinggi akan menurunkan jumlah oksigen yang terlarut dalam air, akibatnya hewan air akan mati karena kekurangan oksigen (Fardiaz, 1992).

Sarjono (2009) mengatakan bahwa kenaikan suhu tidak hanya akan meningkatkan metabolisme biota perairan, namun juga dapat meningkatkan toksisitas logam berat di perairan. Berdasarkan Kristanto (2002) suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting karena perubahan suhu dapat mempengaruhi laju berbagai reaksi kimia, baik dalam tubuh organisme maupun lingkungan. Suhu air berpengaruh baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap faktor-faktor seperti aktivitas enzim, tingkat metabolisme maupun pada kadar oksigen.

Kisaran suhu secara umum di Perairan Indonesia berkisar 28-31°C. Kisaran suhu yang mampu ditoleransi suatu biota laut yaitu berkisar 20-35°C (Rahman, 2006). Sedangkan berdasarkan baku mutu Kepmen LH No 51 tahun 2004 untuk biota laut berkisar 28-30°C. Berdasarkan hal tersebut, kisaran suhu

permukaan air Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan selama pengamatan masih pada kisaran normal dan dapat ditoleransi oleh biota perairan.

4.3.2 Salinitas

Salinitas adalah kadar garam terlarut dalam air. Satuan salinitas adalah per mil (‰), yaitu jumlah berat total (gr) material padat seperti NaCl yang terkandung dalam 1000 gram air laut (Nybakken, 1992).

Hasil pengamatan berdasarkan parameter salinitas, di Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan menunjukkan salinitas perairan berkisar 18-30‰. Berdasarkan kisaran salinitas tersebut Pantai Bangil tergolong pada perairan yang memiliki kisaran salinitas normal. Menurut Razak (1998) salinitas yang terukur masih berada dalam kisaran salinitas optimum bagi pertumbuhan organisme laut yaitu 32-36 ‰. Pengaruh kadar garam pada bioakumulasi logam menunjukkan bahwa konsentrasi logam biotik meningkat dengan menurunnya kadar garam (Destiany, 2007). Nilai salinitas tinggi terjadi saat pengaruh dari lautan lebih dominan dibandingkan pengaruh dari daratan, yaitu ketika terjadi pasang. Sedangkan nilai salinitas rendah disebabkan oleh pengaruh daratan, yaitu ketika air tawar masuk ke perairan melalui aliran sungai.

Pada stasiun 3 ini merupakan satu deret dan dekat dengan muara pembuangan limbah lumpur Lapindo yang berjarak sekitar 5 km, sehingga cenderung memiliki nilai salinitas yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai salinitas pada stasiun 1, hal ini disebabkan karena pada stasiun 3 terletak dekat dengan muara yang memperoleh buangan beban pencemaran yang cukup tinggi.

Sedangkan pada stasiun 2 dekat dengan muara pembuangan limbah industri, di sepanjang aliran sungai Bangil Kabupaten Pasuruan banyak terdapat industri.

Nilai salinitas pada stasiun 1 menunjukkan rentang nilai yang cukup banyak dibandingkan dengan stasiun lainnya. Hal ini dapat disebabkan karena stasiun 1 jauh dari muara pembuangan limbah, baik itu limbah lumpur Lapindo maupun pusat industri Rembang dan Bangil. Hal inilah yang menyebabkan stasiun 1 memiliki kisaran salinitas yang luas, sedangkan pada stasiun lainnya cenderung menunjukkan nilai kisaran yang rendah.

4.3.3 pH

Berdasarkan hasil pengukuran nilai pH perairan selama pengamatan di Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan menunjukkan nilai yang cenderung stabil pada kisaran 7,9-8,4. Nilai terendah terletak pada stasiun 1 yaitu 7,9 dan tertinggi pada stasiun 3 yaitu 8,7. Keadaan ini dapat mendukung kehidupan kerang. Connell dan Miller (1995) mengatakan kenaikan pH di perairan akan diikuti dengan penurunan kelarutan logam berat sehingga logam berat cenderung mengendap. Berdasarkan kisaran nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa, kondisi perairan Pantai Bangil masih tergolong baik menurut baku mutu KepMen Negara Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004.

Nilai pH perairan memiliki hubungan yang erat dengan sifat kelarutan logam berat. Pada pH alami laut logam berat sukar terurai dan dalam bentuk partikel atau padatan tersuspensi. Pada pH rendah, ion bebas logam berat dilepaskan ke dalam kolom air. Selain hal tersebut, pH juga mempengaruhi toksisitas suatu senyawa kimia. Secara umum logam berat akan meningkat

toksitasnya pada pH rendah, sedangkan pada pH tinggi logam berat akan mengalami pengendapan (Sarjono, 2009). Connell dan Miller (1995) menyatakan bahwa kenaikan pH di perairan akan diikuti dengan penurunan kelarutan logam berat, sehingga logam berat cenderung mengendap. pH air sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah keadaan tanah, pertumbuhan algae di dalam air, adanya sisa makanan yang membusuk dan timbunan bahan organik, turunnya hujan dan terjadinya pergolakan arus.

Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7-8,5 (Yulianti, 2007). Perubahan keasaman pada air buangan, baik ke arah alkali (pH naik) maupun ke arah asam (pH menurun), akan sangat mengganggu kehidupan ikan dan hewan air di sekitarnya. Selain itu, air buangan yang mempunyai pH rendah bersifat sangat korosif terhadap baja dan sering menyebabkan pengkaratan pada pipa-pipa besi (Fardiaz, 1992).

4.3.4 Oksigen Terlarut (DO)

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) menyatakan besarnya kandungan oksigen yang terlarut dalam suatu perairan. Hasil pengukuran DO selama pengamatan menunjukkan kisaran nilai 5,45-7,10 mg/l. Berdasarkan Surakitti, (1989) untuk dapat bertahan hidup rata-rata biota air, diperlukan kadar oksigen terlarut minimum sebanyak 4-5 ppm. Nilai konsentrasi DO tertinggi terdapat pada stasiun 1 dan nilai DO terendah di terdapat pada stasiun 3. Rendahnya nilai

konsentrasi DO pada stasiun 3 dapat disebabkan oksigen dimanfaatkan untuk mengurai limbah yang masuk ke perairan. Selain itu, pada stasiun 3 menerima beban limbah lebih tinggi dibandingkan stasiun lainnya. Penurunan kadar oksigen terlarut di dalam air merupakan indikasi kuat adanya pencemaran (Jaya, 2005).

Oksigen terlarut pada stasiun 1 lebih tinggi dibandingkan stasiun 2 yaitu 6-7 ppm. Untuk stasiun 2 dan 3 relatif sama yaitu berkisar 5-6 pmm. Nurchayatun (2007) mengatakan ambang batas untuk oksigen terlarut minimum 3 mg/l, sehingga kandungan oksigen terlarut pada penelitian ini masih sesuai bagi kehidupan kerang ataupun ikan. Adanya sedikit penurunan jumlah oksigen terlarut terjadi karena semakin meningkatnya kadar logam berat pada air laut, maka proses metabolisme kerang akan meningkat sehingga jumlah oksigen terlarut yang diambil oleh kerang akan semakin meningkat.

Connel dan Miller (1995) menyebutkan oksigen terlarut merupakan salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi kadar logam berat pada organisme air. Rendahnya kadar oksigen terlarut akan meningkatkan laju respirasi organisme tersebut. Hal tersebut dapat meningkatkan racun atau bahan asing yang masuk ke dalam tubuh organisme. Kerentanan terhadap tingkat oksigen terlarut ini dapat berhubungan dengan suhu air, tetapi hal ini dapat dikompensasi oleh biota laut dengan cara memompa air lebih cepat melalui insang. Jika kerang memompa air lebih cepat maka dapat menyebabkan logam berat semakin banyak dalam tubuh dan akan meningkatkan akumulasi logam berat dalam tubuh biota laut.

Rendahnya nilai kandungan oksigen terlarut dapat menyebabkan tingkat toksisitas logam berat meningkat, sehingga daerah tersebut tidak menunjang untuk

kehidupan biota perairan (Sarjono, 2009). Meningkatnya konsentrasi logam berat, kandungan oksigen terlarut semakin menurun, hal ini disebabkan karena kadar oksigen terlarut yang rendah mengharuskan biota laut untuk lebih banyak memompa air melalui insangnya, dengan *Respiratory flow*. Semakin tinggi toksisitas dari logam berat, maka semakin tinggi pula *Respiratory flow* (Budiono, 2003).

Salah satu sumber limbah tersebut adalah dari pembuangan lumpur panas PT. Lapindo Brantas Kabupaten Sidoarjo Propinsi Jawa Timur, sejak tanggal 28 Mei 2006 dan sampai penelitian ini dilaksanakan masih belum dapat dihentikan. Prakiraan volume semburan Lumpur antara $\pm 50.000-120.000$ m³/hari (Herawati, 2007). Pembuangan lumpur panas tersebut dialirkan ke sungai Porong dan badan-badan air disekitarnya tanpa pengolahan terlebih dahulu. Muara akhir pembuangan tersebut yaitu di sekitar perbatasan Pantai Bangil Kabupaten. Jarak antara muara dengan lokasi penelitian di stasiun 3 yaitu sekitar 5 km.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa kualitas fisika kimia perairan Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan masih mampu mendukung kehidupan organisme perairan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai dari masing-masing parameter yang belum melebihi nilai baku mutu berdasarkan Kepmen LH No. 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut.

Segala sesuatu yang diciptakan Allah SWT yang ada di bumi ini selalu sesuai ukuran dan diatur dengan serapi-rapinya. Hal tersebut tersirat di dalam al-Qur'an Surat al-Furqaan ayat 2 yang berbunyi:

الَّذِي لَهُ مَلِكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُن لَّهُ شَرِيكٌ
 فِي الْمَلِكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا ﴿٢﴾

“Yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu baginya dalam kekuasaan(Nya), dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya” (QS.al-Furqaan: 2).

Allah SWT juga berfirman dalam Surat al-Hijr ayat 21 tentang penciptaan segala sesuatu sesuai dengan ukuran yang telah ditetapkan.

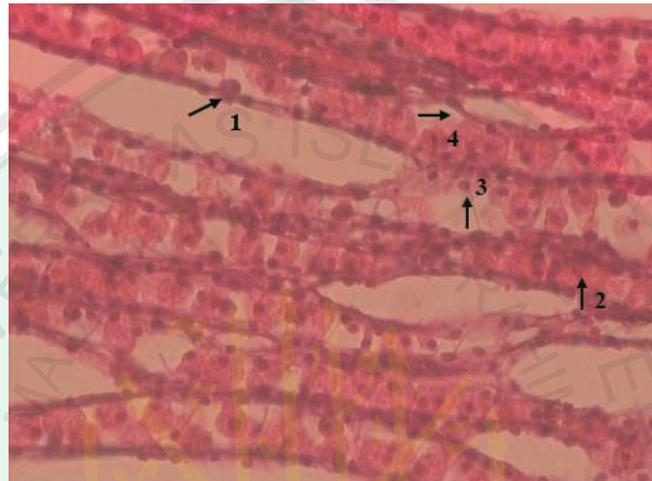
وَأَنْ مِنْ شَيْءٍ إِلَّا عِنْدَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنزِلُهُ إِلَّا بِقَدَرٍ مَعْلُومٍ ﴿٢١﴾

“Dan tidak ada sesuatupun melainkan pada sisi Kami-lah khazanahnya dan Kami tidak menurunkannya melainkan dengan ukuran yang tertentu (QS.al-Hijr: 21).

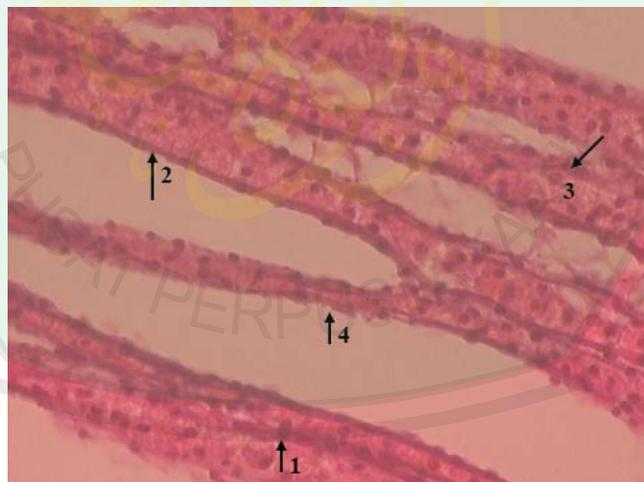
Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatu di dunia ini sesuai dengan kebutuhan makhluk hidup. Parameter fisika kimia perairan yang meliputi suhu, pH, DO dan salinitas di Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan menunjukkan bahwa masih mampu mendukung kehidupan organisme perairan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai dari masing-masing parameter yang belum melebihi nilai baku mutu berdasarkan Kepmen LH No. 51 tahun 2004 tentang baku mutu air laut. Hal tersebut merupakan kekuasaan Allah yang sudah mengatur segalanya yang ada di bumi dengan rapi. Biota laut masih tetap dapat bertahan hidup dengan kondisi lingkungan yang masih dapat ditoleransi meskipun kondisi lingkungannya telah tercemari oleh logam berat Cd dan Hg.

4.4 Pengaruh Cd dan Hg Terhadap Struktur Histologi Insang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

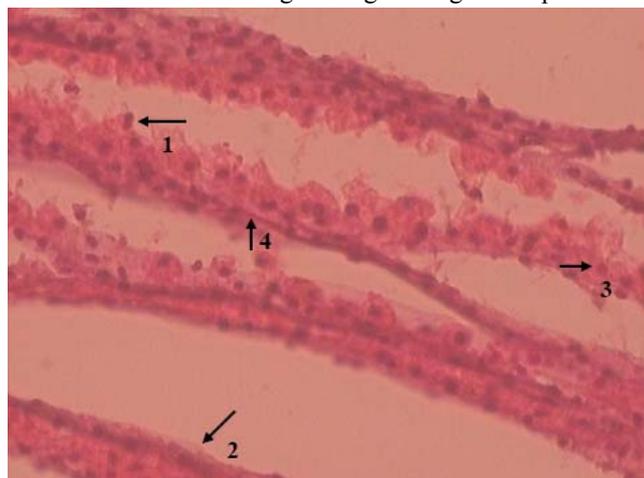
Hasil pengamatan struktur histologi insang Kerang Darah di Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan, menggunakan metode Parafin dan dianalisis pada Mikroskop Olympus CX31 dengan perbesaran 400X, didapatkan hasil gambar sebagai berikut (disajikan dalam gambar 4.4):



Gambar 4.4.1. Struktur histologi insang pada Kerang Darah stasiun 1



Gambar 4.4.2. Struktur histologi insang Kerang Darah pada stasiun 2



Gambar 4.4.3: Struktur mikroanatomi insang Kerang Darah pada stasiun 3

Keterangan:

1; Sel edema, 2; Jaringan hyperplasia, 3; Sel nekrosis dan 4; Jaringan atropi

Berdasarkan hasil pengamatan pada struktur histologi insang kerang darah secara kualitatif dengan menggunakan parameter kerusakan pada insang, seperti sel edema, jaringan hyperplasia, sel nekrosis dan jaringan atropi, maka didapatkan hasil yang disajikan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil analisis struktur histologi insang kerang darah (*Anadara granosa*) yang hidup di perairan Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan

Stasiun Pengamatan	Ulangan	Parameter Pengamatan			
		Edema	Hyperplasia	Nekrosis	Atropi
Stasiun 1	1	+	+	+	-
	2	+	++	-	+
	3	+	+	+	+
Stasiun 2	1	+++	+++	+	++
	2	++	+++	++	++
	3	+	++	+	++
Stasiun 3	1	+++	+++	++	+++
	2	++	+++	+++	++
	3	+++	+++	+++	+++

Keterangan:

- : tidak terjadi perubahan struktur mikroanatomi (0 %)

+ : terjadi sedikit perubahan struktur mikroanatomi (1% - 25%)

++ : terjadi sedang perubahan struktur mikroanatomi (26% - 50%)

+++ : terjadi banyak perubahan struktur mikroanatomi (51% -75%)

++++ : terjadi sangat banyak perubahan struktur mikroanatomi (76% -100%)

Struktur histologi insang kerang pada setiap stasiun mengalami tingkat kerusakan yang berbeda. Kerusakan insang yang diakibatkan oleh adanya kadmium dan merkuri menunjukkan tingkat yang berbeda-beda tergantung pada konsentrasi merkuri dan kadmium.

Perubahan struktur histologi insang dapat digunakan sebagai indikator pencemaran di lingkungan mulai terjadinya kontaminasi, pencemaran tingkat

ringan sampai tingkat berat yaitu ditandai adanya edema, hyperplasia, nekrosis dan atropi. Hasil pengamatan struktur histologi insang Kerang Darah dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.4 di atas. Dari hasil pengamatan pada setiap stasiun, rata-rata insang sudah terlihat tidak normal. Bagian dari struktur insang sudah tidak lengkap, lamela primer maupun sekunder mengalami kerusakan.

Pada tabel 4.4 di atas dapat dilihat bahwa kerusakan insang yang paling tinggi terjadi pada stasiun 3, dengan rata-rata konsentrasi Cd 6,949 ppm dan Hg 0,939 ppm. Sedangkan tingkat kerusakan paling ringan terjadi pada stasiun 1, dengan konsentrasi Cd 3,563 ppm dan Hg 0,665 pmm.

Pada stasiun 1 dengan konsentrasi Cd 3,563 ppm dan Hg 0,45 ppm, insang mengalami kerusakan berupa edema, hyperplasia, nekrosis dan atropi (ditunjukkan pada gambar 4.4.1). Pengamatan pada ulangan ke-1 tidak mengalami atropi, sedangkan pada ulangan ke-2 tidak mengalami nekrosis saja.

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 di dalam sel adalah masuknya air ke dalam sel. Akibatnya adalah perubahan morfologis yang disebut dengan edema atau pembengkakan sel. Edema yang berlanjut mengakibatkan sel-sel epitel mengalami nekrosis/kematian sel (Anderson, 1995). Tandjung (1982) menyebutkan terjadinya perubahan struktur sel tersebut menunjukkan telah terjadi kontaminasi tetapi belum ada pencemaran.

Dengan terjadinya edema eritrosit menjadi mudah pecah dan berubah bentuk sehingga mengalami degenerasi hal ini dapat menyebabkan asphyxia (kesulitan bernafas karena kekurangan oksigen), sehingga dapat menyebabkan kematian ikan.

Pada stasiun 2 dengan konsentrasi Cd 5,153 ppm dan Hg 0,717 ppm, insang mengalami kerusakan berupa edema, hyperplasia, nekrosis dan atropi (ditunjukkan pada gambar 4.4.2). Hal tersebut menunjukkan bahwa struktur histologi insang pada stasiun 2 telah terjadi degenerasi insang tingkat 1, 2 dan 3. Degenerasi insang tingkat 1 berupa terjadinya edema, hal ini menunjukkan telah terjadi kontaminasi tetapi belum ada pencemaran. Degenerasi tingkat 2 berupa terjadinya hyperplasia merupakan gejala pencemaran. Degenerasi tingkat 3 yaitu nekrosis dan atropi, hal ini telah terjadi pencemaran tingkat berat.

Proliferasi sel-sel insang yang terjadi merupakan respon dari iritasi yang lama maupun cepat. Penambahan jumlah sel menyebabkan lapisan epitel lamela yang hanya satu lapis menjadi tampak berlapis-lapis. Hyperplasia sel dapat pula terjadi bersamaan dengan peningkatan sel-sel penghasil mukus yang berfungsi melapisi permukaan insang. Pada keadaan normal mukus yang dihasilkan berupa glikoprotein basa yang berfungsi sebagai pelindung pertama, dengan adanya gangguan berupa logam berat maka terjadi proliferasi sel-sel penghasil mukus sebagai bentuk reaksi pertahanan. Bentuk tidak normal dari sel-sel lamela ini juga dapat terjadi akibat reaksi terhadap gangguan kimia misalnya perubahan pH yang menjadi lebih asam di perairan laut yang perairannya tidak bersirkulasi dengan baik sehingga terjadi penumpukan gas karbondioksida (CO_2), amonia dan zat-zat

atau gas lain sisa metabolisme ikan itu sendiri. Selain bersumber dari hasil metabolisme ikan cemaran pada air juga dapat berasal dari lingkungan perairan seperti sampah atau buangan industri.

Pada stasiun 3, juga sama mengalami kerusakan yang sama berupa edema, hiperplasia, nekrosis dan atropi, namun pada stasiun 3 sudah mengalami tingkat kerusakan pencemaran tingkat berat dibandingkan dengan stasiun 2 (ditunjukkan pada gambar 4.4.3), jadi dapat disimpulkan bahwa stasiun 3 termasuk dalam kategori telah terjadi kontaminasi, pencemaran tingkat ringan sampai tingkat berat di lingkungan perairan, yaitu ditandai adanya edema, hiperplasia, nekrosis dan atropi. Hal ini dapat disebabkan karena pada stasiun tiga tempatnya berdekatan dengan muara limbah industri Rembang dan Bangil, selain itu juga mendapat sumbangan limbah dari lumpur Lapindo. Dalam limbah tersebut tidak menutup kemungkinan terdapat kandungan logam berat, baik itu Cd dan Hg.

Edema ditandai dengan adanya pembengkakan sel atau penimbunan cairan secara berlebihan di dalam jaringan tubuh. Terjadinya edema disebabkan karena masuknya logam berat ke dalam insang yang mengakibatkan sel bersifat iritatif yang menyebabkan sel akan membengkak (Nurchayatun, 2007). Terjadinya perubahan pada struktur sel pada insang pada Kerang Darah tersebut menunjukkan telah terjadi kontaminasi tetapi belum ada pencemaran.

Berdasarkan Palar (1994) proses masuknya merkuri dan kadmium ke dalam insang adalah baik Cd maupun Hg bersama-sama dengan ion-ion logam lain akan dapat membentuk ion-ion yang dapat larut dalam lemak. Ion-ion logam yang dapat larut dalam lemak itu mampu untuk melakukan penetrasi pada

membran sel insang sehingga akhirnya ion-ion logam tersebut akan dapat masuk ke dalam insang.

Edema sering terjadi akibat paparan polutan-polutan yang berasal dari bahan kimia, seperti logam berat, metaloid, pestisida, dan penggunaan bahan-bahan terapeutik (formalin dan H_2O_2) yang berlebihan. Hal ini sesuai dengan penelitian Crespo (1988) yang menyatakan bahwa beberapa kasus berat akibat polutan kimia dan logam berat pada ikan budi daya *Salmo trutta fario* terjadi akumulasi mukus, hiperplasia, yang diikuti oleh kematian sel epitel.

Berdasarkan hasil pengamatan untuk kerusakan berupa hiperplasia, pada stasiun 2 dan 3 mengalami kerusakan hiperplasia yang cukup tinggi, hal ini disebabkan tingginya konsentrasi Cd dan Hg pada suatu perairan. Hiperplasia pada insang diduga diakibatkan adanya kontak dengan ion merkuri dan kadmium. Kontak tersebut mengakibatkan organ insang mengalami iritasi dan mengeluarkan mukus (lendir) sebagai perlindungan terhadap toksikan Cd dan Hg, akan tetapi mukus yang dihasilkan justru menutup permukaan lamella insang sehingga pertukaran O_2 dengan CO_2 terhambat, akibatnya tidak ada pengikatan oksigen oleh hemoglobin darah. Hal ini menyebabkan transportasi oksigen ke seluruh tubuh tidak ada.

Hiperplasia ini dapat terjadi akibat berbagai polutan kimia dan logam berat terutama kadmium, merkuri cuprum dan zinc. Kerang ataupun ikan yang terpapar oleh logam berat, deterjen, amoniak, pestisida, dan nitrofenol memperlihatkan pemisahan antara sel epitelium dan sistim yang mendasari sel tiang yang dapat mengarah kepada runtuhnya keutuhan dari struktur lamela

sekunder dan dapat menyebabkan peningkatan jumlah sel-sel klorid (Olurin, 2006). Hyperplasia mengakibatkan penebalan jaringan epitel di ujung filamen yang memperlihatkan bentuk seperti pemukul bisbol (*clubbing distal*) atau penebalan jaringan epitelium yang terletak di dekat dasar lamela (basal hyperplasia)

Kerusakan lainnya pada insang kerang darah yaitu berupa nekrosis. Nekrosis yang dimaksud adalah kematian sel, yang mengakibatkan jaringan insang tidak berbentuk utuh lagi (Nurchayatun, 2007). Kerusakan berupa nekrosis pada stasiun 1 lebih sedikit dibandingkan dengan stasiun 2 dan 3. Hal ini terjadi karena pada stasiun 3 berdekatan dengan muara pembuangan limbah lumpur Lapindo, jarak antara stasiun dengan muara tersebut sekitar 5 km. Selain itu, dapat sumbangan dari pembuangan limbah dari pusat industri Rembang.

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.

Atropi ditandai adanya pengecilan (penyusutan) ukuran suatu sel, jaringan, organ atau bagian tubuh (Nurchayatun, 2007). Atropi terjadi karena ikan terpapar oleh logam berat, baik itu Cd dan Hg pada konsentrasi yang tinggi dan dalam

waktu pemaparan yang lama. Sel-sel pada lamella primer mengalami penyusutan (atrofi). selain itu, atrofi adalah suatu proses lambat yang dapat disebabkan oleh kelaparan atau malnutrisi (penyebab paling umum), kekurangan persediaan darah yang cukup atau infeksi kronis (Plumb 1994).

Dapat disimpulkan bahwa dari beberapa parameter pengamatan kerusakan insang, pada stasiun 1, 2 dan 3 sudah mengalami degenerasi sel dan jaringan berupa edema, hiperplasia, nekrosis dan atrofi. kerusakan paling ringan terjadi pada stasiun 1 sedangkan kerusakan berat terjadi pada stasiun 3.

Kerang darah memiliki habitat yang menetap, pergerakan yang lambat, serta memiliki cara makan yaitu dengan cara menyaring air (*filter feeder*). Dengan karakteristik hidup seperti itu maka secara otomatis jaringan yang paling sering kontak dengan logam berat, baik itu kadmium dan merkuri secara langsung adalah jaringan insang (Darmono, 2001).

Toksisitas logam berat yang melukai insang dan struktur jaringan luar lainnya, dapat menimbulkan kematian terhadap organisme laut yang disebabkan oleh proses *anoxemia*, yaitu terhambatnya fungsi pernapasan yaitu sirkulasi dan ekskresi dari insang. Unsur-unsur logam berat yang mempunyai pengaruh terhadap insang adalah timah, seng, besi, tembaga, kadmium dan merkuri (Ellis, 1937). Menurut Tati Herawati (1980) merkuri dapat menggumpalkan lendir pada permukaan insang dan merusak jaringan insang sehingga ikan mati.

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 dan kerusakan tulang belakang. Selain itu, logam-logam berat dalam konsentrasi yang relatif rendah sudah menghambat laju pertumbuhan dan perkembangbiakan vertebrata dan invertebrata.

Menurut Darmono (2001) menyatakan bahwa baik logam berat Cd dan Hg termasuk logam-logam yang reaktif terhadap sel. Apabila sel mengikat logam yang salah (nonessensial) maka akan menyebabkan disfungsi katalisator dari sel itu sendiri. Kadmium lebih beracun bila terinhalasi melalui saluran pernafasan dari pada saluran pencernaan (Palar, 1994).

Kerusakan insang yang terkena bahan beracun seperti kadmium dan merkuri adalah adanya degradasi sel atau bahkan kerusakan jaringan insang. Sandi (1994) mengatakan 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.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa Pantai Bangil Kabupaten Pasuruan telah terjadi pencemaran logam berat Cd dan Hg, yaitu ditandai dengan adanya kadar logam berat Cd dan Hg pada kerang darah yang telah melebihi nilai ambang batas yang ditentukan oleh WHO.

Untuk mengetahui tingkat kerusakan pada organ insang maka dilakukan suatu penelitian mengenai struktur histologi insang secara lebih lanjut. Ilmu yang didapat dari penelitian ini merupakan sedikit dari luasnya ilmu Allah SWT yang belum kita ketahui. Berdasarkan hal tersebut, maka kita sebagai generasi *ulul albab* patut terus melakukan penelitian untuk mengungkap kebesaran ilmu Allah yang masih banyak belum kita ketahui, sebagaimana firman Allah SWT dalam surat ali-Imran ayat 191:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ
السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ
النَّارِ ﴿١٩١﴾

“Yaitu orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan Ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, Maka peliharalah kami dari siksa neraka” (QS.ali-Imran :191)

Dalam proses penciptaan langit dan bumi sebenarnya banyak tanda-tanda kekuasaan Allah SWT. Salah satu contohnya Allah SWT menciptakan berbagai jenis hewan laut yang ada di muka bumi ini dengan peranannya masing-masing dan tidak yang sia-sia.