

## BIOAKUMULASI LOGAM BERAT DAN PENGARUHNYA TERHADAP OOGENESIS KERANG HIJAU (*Perna viridis*)

Jalius<sup>\*)</sup>, Daniel Djoko Setiyanto<sup>\*\*)</sup>, Komar Sumantadinata<sup>\*\*)</sup>, ETTY Riani<sup>\*\*)</sup>, dan Yunizar Ernawati<sup>\*\*)</sup>

### ABSTRAK

Teluk Jakarta, Banten, dan Lada telah mengalami pencemaran oleh logam berat. Penelitian bertujuan untuk mengetahui bioakumulasi logam berat (Pb, Cd, Cr, dan Hg) dalam gonad dan pengaruhnya terhadap oogenesis kerang hijau (*Perna viridis*). Data yang dihimpun adalah jumlah oogenium, oosit primer, oosit sekunder, diameter, luas, dan volume lumen folikel pada stadium-III proses oogenesis. Hasil penelitian menunjukkan dalam gonad kerang hijau yang berasal dari Teluk Jakarta telah terjadi bioakumulasi logam yaitu Pb ( $600,33 \pm 544,83$  ppb), Cd ( $32,273 \pm 28,091$  ppb), Cr ( $527,36 \pm 461$  ppb), dan Hg ( $0,0222 \pm 0,0264$  ppb). Cd dan Pb hanya ditemukan dalam gonad kerang hijau yang berasal dari Teluk Banten dan Teluk Lada, namun logam Cr dan Hg tidak terdeteksi. Kadar kandungan logam tersebut adalah Cd 6,937 ppb dan Pb 0,021 mg/L (Teluk Banten), sedangkan di Teluk Lada kadar Cd 6,069 ppb dan Pb 0,018 mg/L. Hasil analisis korelasi antara kandungan logam berat dan jumlah sel-sel dalam gonad kerang hijau yang berasal dari Teluk Jakarta menunjukkan korelasi sangat nyata antara logam kromium (Cr) dengan perkembangan jumlah sel-sel oogenia ( $r = 0,69$ ), dan oosit sekunder ( $r = 0,57$ ). Semua logam berat tersebut berpengaruh terhadap perkembangan sel-sel oosit sekunder (Pb,  $r = 0,75$ ; Cd,  $r = 0,57$ ; Cr,  $r = 0,74$ ), luas (Pb,  $r = 0,76$ ; Cd,  $r = 0,71$ ; Cr,  $r = 0,57$ ; Hg,  $r = 0,70$ ), dan volume lumen folikel (Pb,  $r = 0,78$ ; Cd,  $r = 0,74$ ; Cr,  $r = 0,66$ ; Hg,  $r = 0,58$ ). Kadmium (Cd) mempengaruhi jumlah sel-sel gonad betina ( $r = 0,63$ ). Dengan demikian terbukti bahwa logam berat berpengaruh terhadap proses oogenesis kerang hijau di Teluk Jakarta.

**ABSTRACT:** *Bioaccumulation of heavy metal and its effects to oogenesis on the green mussel (Perna viridis). By: Jalius, Daniel Djoko Setiyanto, Komar Sumantadinata, ETTY Riani, and Yunizar Ernawati*

*The Jakarta, Banten, and Lada Bays have been polluted by the heavy metals. The study was conducted to identify the heavy metals (Pb, Cd, Cr, and Hg) bioaccumulation in gonads and its effects on oogenesis of green mussels (Perna viridis). The data collected were the number of oogenium, primary oocytes, secondary oocytes, diameter, square, and volume of follicle lumens on stage-III oogenesis. The content of heavy metal was analyzed by Atoms Absorbent Spectrophotometer (AAS). The results indicated that the gonad of green mussels originated from Jakarta bay have been bioaccumulated by heavy metal. The gonad of green mussel contained Pb ( $600.33 \pm 544.83$  ppb), Cd ( $32.273 \pm 28.091$  ppb), Cr ( $527.36 \pm 461$  ppb), dan Hg ( $0.0222 \pm 0.0264$  ppb). Cd and Pb have been found in gonads originated from Banten and Lada Bay while no Cr and Hg were detected. The concentration of Cd and Pb were 6.937 ppb, 0.021 mg/L (Banten Bay) dan 6.069 ppb, and 0.018 mg/L (Lada Bay) respectively. The green mussels female Jakarta Bay originated showed a strong correlation of Cr with developing of oogenia cells ( $r = 0.69$ ), and secondary oocytes ( $r = 0.57$ ). All heavy metals influenced the development of secondary oocytes (Pb,  $r = 0.75$ ; Cd,  $r = 0.57$ ; Cr,  $r = 0.57$ ; Hg,  $r = 0.74$ ), square (Pb,  $r = 0.76$ ; Cd,  $r = 0.71$ ; Cr,  $r = 0.57$ ; Hg,*

<sup>\*)</sup> Fakultas Peternakan, Universitas Jambi

<sup>\*\*)</sup> Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

$r=0.70$ ), and volume of follicle lumen (Pb,  $r=0.78$ ; Cd,  $r=0.74$ ; Cr,  $r=0.66$ ; Hg,  $r=0.58$ ). Cadmium (Cd) had effect to the number of female sex cells ( $r=0.63$ ). Therefore, the heavy metals influenced oogenesis process of green mussel at Jakarta Bay.

**KEYWORDS:** bioaccumulation, heavy metals, oogenesis, *Perna viridis*

## PENDAHULUAN

Kerang hijau hidup di perairan payau hingga laut dan memiliki sifat menempel pada benda-benda yang ada di sekelilingnya, seperti: kayu, bambu, badan kapal, jaring, dan tempat budidaya ikan. Kerang hijau makan dengan cara menyaring makanan yang terlarut di dalam air (*filter feeder*) seperti limbah cair. Limbah cair di perairan Teluk Jakarta berasal dari 13 sungai yang bermuara ke dalam perairan tersebut. Diperkirakan limbah tersebut adalah limbah dari kegiatan industri sekitar 97,82% yaitu 1.632.896,47 ribu m<sup>3</sup>/tahun; domestik 2,17% sebesar 36.229,90 ribu m<sup>3</sup>/tahun; dan limbah industri pertanian 0,01% yakni 232,25 m<sup>3</sup>/tahun (KPPL, 1997). Namun, limbah yang ada di perairan Teluk Jakarta tidak hanya berupa limbah organik yang memerlukan oksigen untuk penguraiannya, tetapi juga limbah yang termasuk kategori B3 (Riani *et al.*, 2004).

Kerang hijau sangat subur hidup di Teluk Jakarta sehubungan dengan ketersediaan bahan organik yang digunakan sebagai pakannya. Karena sifat kerang sebagai *filter feeder organism*, maka dapat menimbulkan bahaya untuk dikonsumsi, karena kerang hijau yang hidup pada perairan tercemar maka dagingnya akan terakumulasi zat-zat beracun. Menurut Hutagalung (2001), kerang hijau mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat pada lingkungan yang tercemar. Perairan Teluk Jakarta telah mengalami pencemaran oleh logam berat, bahkan telah mencapai kepulauan Onrust seperti logam merkuri dan kadmiun yang masing-masing mencapai konsentrasi 35 ppb dan 450 ppb. Hasil penelitian Riani *et al.* (2004) menunjukkan bahwa di perairan tersebut ditemukan kadar Hg 0,121 ppb; Pb 0,248 mg/L; Cr 0,0285 mg/L; dan Cd 0,023 mg/L sedangkan pada sedimen konsentrasi Hg 0,098 ppb; Pb 2,897 mg/L; dan Cd 0,135 mg/L. Namun, akumulasi logam berat tinggi seperti merkuri dalam kerang dewasa berkisar 170,868—190,235 mg/L; timah hitam (Pb) berkisar 36,36—43,894 mg/L; Kandungan Cd berkisar 0,075—0,097 mg/L. Sementara perairan di Teluk Lada telah mengalami

pencemaran logam berat pula yaitu kandungan logam Hg 0,09 mg/L; Pb 0,015 mg/L; dan Cu 0,0276 mg/L (Muawanah *et al.*, 2005). Demikian juga perairan Teluk Banten mengandung Hg 0,05 µg/L; Cd 0,064 mg/L; dan Pb 0,153 mg/L (Setyobudiandi, 2004).

Logam berat masuk ke dalam tubuh kerang melalui mulut (*oral*), insang, dan kulit, berada dalam sistem peredaran darah dengan terjadi pengikatan hingga mencapai organ target. Dalam kurun waktu yang lama telah terdapat akumulasi dalam jaringan daging, sehingga akan berpengaruh terhadap aktivitas fisiologi dan biokimia tubuh kerang. Darmono (1995) berpendapat bahwa tanaman air dan jenis binatang lunak (kerang, keong, dan sebagainya) yang tidak bergerak atau mempunyai mobilitas lamban tidak dapat meregulasi logam seperti hewan air lainnya. Lebih lanjut Setyobudiandi (2004) menyatakan bahwa matang gonad kerang hijau di Teluk Jakarta lebih lambat dari kerang hijau di Teluk Banten. Keadaan ini menunjukkan bahwa pencemaran di Teluk Jakarta telah berpengaruh pada reproduksi kerang. Dengan demikian besar kemungkinan terdapat bioakumulasi logam berat dalam gonad dan berpengaruh pada proses oogenesis kerang hijau.

Hasil dari penelitian diharapkan mengetahui akumulasi logam berat (Hg, Pb, dan Cd) dalam gonad (ovotestis) kerang hijau (*Perna viridis*) di Teluk Jakarta, Banten, dan Lada, dan dampak akumulasi terhadap organ kelamin ovotestis terhadap oogenesis serta melihat hubungan bioakumulasi logam berat dengan jumlah sel-sel oogenia, oosit primer, dan oosit sekunder.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di perairan Teluk Jakarta, Banten, dan Lada mulai Oktober 2006 sampai Mei 2007, dengan metode survai. Penetapan stasiun dan titik-titik pengambilan sampel air laut, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) dilakukan di tiga stasiun daerah Teluk Jakarta (Kamal=S1, Marunda=S2, dan Gembong=S3), dan Teluk Banten (Karangantu=S4) dan satu stasiun di Teluk Lada (Panimbang=S5) di Provinsi Banten.

Pengambilan sampel air dan sedimen mengikuti Lutan (2004) dan Gordon *et al.* (1992), sampel kerang hijau diambil secara acak di tempat budidaya kerang nelayan di Teluk Jakarta, Banten, dan Lada. Analisis kadar Pb, Cd, Cr, dan Hg sampel air laut, sedimen, dan gonad kerang hijau berasal dari Teluk Jakarta, Banten, dan Lada dengan menggunakan spektrofotometer serap atom (SSA) *flame* di Balai Besar Pasca Panen Pertanian, Cimanggu-Bogor. Pengukuran suhu, pH, kecerahan, dan salinitas air laut dilakukan di lokasi stasiun penelitian. Selanjutnya analisis DO, kadar amonium, nitrat, dan fosfat dilakukan di Laboratorium Limnologi, FPIK-IPB Bogor. Pembuatan preparat histologi gonad betina kerang hijau dilaksanakan di Laboratorium Patologi FKH-IPB.

Parameter oogenesis diamati pada stage III yaitu adanya sel-sel oogenia, oosit primer, dan oosit sekunder (Chipperfield, 1953 *dalam* Corbeil, 1991). Selain itu, juga diukur diameter, luas, dan volume lumen folikel betina.

Analisis regresi liner dan berganda serta korelasi jumlah sel-sel kelamin kerang hijau betina dengan konsentrasi logam dalam gonad mengikuti Steel & Torrie (1995), dan dilengkapi dengan software Minitab Vers. 13 dan SPSS Vers. 10.

## HASIL DAN BAHASAN

### *Kualitas Air dan Sedimen*

Dari hasil penelitian diperoleh data beberapa parameter kualitas air pada stasiun Kamal, Marunda, Gembong, Karangantu, dan Panimbang yang disajikan pada Tabel 1.

Di wilayah budidaya kerang hijau di kawasan Teluk Jakarta, kecerahan perairan cenderung lebih kecil jika dibandingkan di daerah Karangantu (Teluk Banten) dan perairan Panimbang (Teluk Lada). Rendahnya kecerahan perairan di kawasan budidaya perairan di kawasan Teluk Jakarta diperkirakan oleh banyaknya kandungan biomassa fitoplankton (Dinas Peternakan dan Kelautan Provinsi DKI Jakarta, 2006). Populasi fitoplankton yang tinggi disebabkan oleh faktor-faktor fisik dan kimia perairan yang relatif baik bagi perkembangan fitoplankton di kawasan Teluk Jakarta. Sementara itu, di kawasan Karangantu (Teluk Banten) dan pantai Panimbang, kondisi populasi fitoplankton relatif lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh rendahnya kesuburan perairan tersebut serta

faktor fisik dan kimia perairan lainnya yang kurang memberi dukungan maksimum bagi perkembangan fitoplankton.

Hal ini agak berbeda dengan hasil analisis yang dilakukan saat musim penghujan yaitu terjadi peningkatan pergerakan maksimal massa air dan peluang resuspensi sedimen ke kolom air meningkat. Hasil pengukuran logam berat yang dilakukan menunjukkan nilai yang relatif tinggi baik di kolom air maupun di sedimen (Riani *et al.*, 2004).

Kandungan logam berat di dalam sedimen merupakan indikator dari kondisi lingkungan perairan. Di dalam air, logam berat lebih cenderung terakumulasi di dasar perairan. Jika diperbandingkan antar lokasi budidaya, nampak bahwa sedimen di seluruh lokasi kajian memiliki kandungan sedimen yang relatif tinggi (Tabel 2).

Di perairan Panimbang, kandungan logam berat juga sudah terdeteksi, hal ini diduga karena adanya transpor massa air dari wilayah kawasan industri Cilegon-Merak yang berada tidak jauh dari Teluk Lada (Panimbang). Sementara di kawasan Teluk Banten dan Teluk Jakarta kandungan logam berat relatif tinggi, kondisi ini merupakan konsekuensi logis dari peningkatan aktivitas industri di kawasan tersebut.

### *Bioakumulasi Logam Berat pada Gonad*

Bioakumulasi logam berat Pb, Cd, Cr, dan Hg dalam gonad kerang hijau betina dari berbagai lokasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 terlihat bahwa gonad kerang hijau betina di Teluk Jakarta telah mengandung logam berat Pb, Cd, Cr, dan Hg. Menurut Zenzes *et al.* (1995), logam Cd dapat terbioakumulasi dalam oosit dan dalam cairan folikel. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa gonad kerang hijau betina yang berasal dari Teluk Jakarta mengandung Pb sebesar  $600,33 \pm 544,83$  ppb; Cd sebesar  $32,273 \pm 28,091$ ; Cr sebesar  $527,36 \pm 461$  ppb; dan Hg sebesar  $0,0222 \pm 0,0264$  ppb. Menurut *The Codex Committee on Food Additive and Contaminants*, mengatakan bahwa nilai maksimum kadmium pada makanan adalah 0,4 mg/kg (Arao & Ishikawa, 2006). Sedangkan menurut FAO-WHO, kandungan Hg dalam makanan tidak boleh melebihi batas ambang maksimal sekitar 30  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (setara 0,03 mg/L = 30 ppb). Sementara *Provisional Tolerable Weekly Intake* (PTWI) merekomendasikan nilai

Tabel 1. Parameter fisika dan kimia kualitas air di lokasi penelitian (Teluk Jakarta, Banten, dan Lada)

Table 1. The physics and chemical parameter of water quality at different research location (Jakarta, Banten, and Lada Bay)

Parameter Parameters	Satuan Unit	Stasiun Pengamatan (Research station)					BM
		Teluk (Bay) Jakarta			Teluk (Bay) Banten	Teluk (Bay) Lada	
		Kamal	Marunda	Gembong	Karangantu	Panimbang	
<b>Fisika (Physics):</b>							
Salinitas Salinity	PSU	33.00	32.00	33.00	34.00	33.00	-
Kecerahan Brightness	m	2.20	19.00	2.10	3.10	2.30	> 3
Suhu air Water temp.	°C	31.00	31.00	32.00	31.00	30.00	alami
Lapisan minyak Oil layer	-	-	-	-	-	-	nihil
<b>Kimia:</b>							
pH	-	7.9	7.3	7.4	7.6	7.7	7--8.5
DO	mg/L	4.200	3.500	4.200	4.800	4.900	5--6
Amonia (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	0.568	0.683	0.481	0.281	0.275	0.3
Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	0.052	0.047	0.023	0.043	0.054	0.008
Phosphat	mg/L	< 0.001	0.01	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.015
Kromium (Cr)	mg/L	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.005
Kadmium (Cd)	mg/L	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.001
Timah hitam (Pb)	mg/L	0.004	0.003	0.005	0.005	0.004	0.008
Merkuri (Hg)	mg/L	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd	0.001

Keterangan (Note):

BM = Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut, KepMen LH No. 51 tahun 2004  
Standard quality of marine water for sea biota

Ttd = tidak terdeteksi (no data)

Tabel 2. Kandungan logam berat dalam sedimen berasal dari Teluk Jakarta, Banten, dan Lada

Table 2. The heavy metal contain in sediment from Jakarta, Banten, and Lada Bay

Parameter Parameters	Satuan Unit	Stasiun Pengamatan (Research station)				
		Teluk (Bay) Jakarta			Teluk (Bay) Banten	Teluk (Bay) Lada
		Kamal	Marunda	Gembong	Karangantu	Panimbang
Kromium (Cr)	mg/L	2.20	2.30	2.50	ttd	ttd
Kadmium (Cd)	mg/L	0.90	1.50	1.20	1.20	0.90
Timah hitam (Pb)	mg/L	5.60	6.20	8.50	6.30	2.30
Merkuri (Hg)	ppb	30.50	50.70	46.80	ttd	ttd

Tabel 3. Kandungan logam berat dalam gonad betina kerang hijau (*Perna viridis*)  
 Table 3. The heavy metal contain in female gonad of green mussel (*Perna viridis*)

Logam berat Heavy metal	Kadar logam berat pada gonad betina di lokasi Heavy metal contain in female gonad at location				
	Teluk (Bay) Jakarta			Teluk (Bay) Banten	Teluk (Bay) Lada
	Kamal	Marunda	Gembong	Karangantu	Panimbang
Pb (mg/L)	0.997	0.042	0.339	0.021	0.018
Cd (ppb)	13.641	0.464	49.370	6.937	6.069
Cr (ppb)	922.500	33.806	299.541	ttd	ttd
Hg (ppb)	0.042	360.036	0.006	ttd	ttd

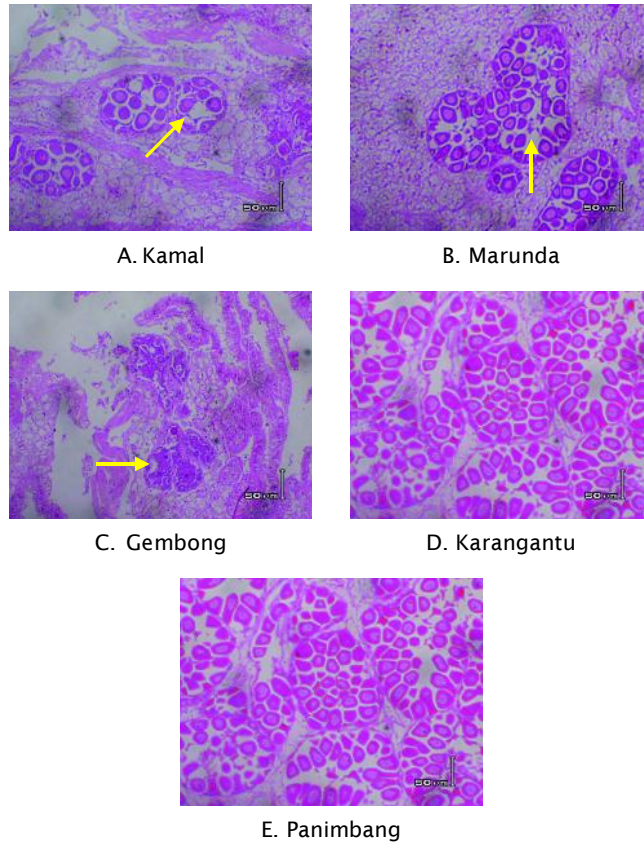
yang lebih rendah lagi yaitu Hg (total) 5 ppb dan Hg (metil) 3,3 ppb (Vettorazzi, 1982 dalam Darmono, 2001). Selanjutnya dijelaskan bahwa batas maksimal kandungan logam Pb dan Cd sebesar 50 ppb; 8,3 ppb. Berdasar batas ambang maksimal PTWI menunjukkan bahwa gonad kerang betina telah mengalami pencemaran yang berat. Menurut Wahyuni *et al.* (1993), bahwa daging kerang hijau yang berasal dari Teluk Jakarta mengandung logam berat Hg 1,443 mg/L; Pb 0,283 mg/L; Cu 0,007 mg/L; Cd 0,184 mg/L; dan Zn 0,545. Menurut Dong (2007), menyatakan bahwa di Korea, rekomendasi kadar logam berat dalam daging kerang adalah Hg <0,16 mg/L; Cd 0,22 mg/L; Pb 0,32 mg/L; Cu 0,73; dan Zn 14,7 mg/L. Hasil analisis kandungan logam berat dalam kerang hijau betina yang berasal dari Karangantu (Teluk Banten) dan Panimbang (Teluk Lada) menunjukkan ada indikasi telah mengalami pencemaran logam berat Pb dan Cd. Keadaan tersebut wajar karena Provinsi Banten telah padat penduduk dan industri telah berkembang pesat. Selain itu, perairan ini telah digunakan sebagai transportasi massa. Menurut hasil penelitian Muawanah *et al.* (2005), Teluk Lada khususnya perairan laut Panimbang telah tercemar oleh logam berat seperti Hg 0,001—0,021 mg/L; Pb 0,005—0,023 mg/L; dan Cu 0,005—0,065 mg/L. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa gonad kerang hijau yang berasal dari Teluk Banten dan Teluk Lada telah mengandung logam Pb dan Cd walaupun konsentrasi kecil. Hal ini sesuai dengan penelitian Muawanah *et al.* (2005) bahwa daging kerang telah mengandung Pb 0,267 dan Hg 0,252 mg/L.

#### Dampak Logam Berat terhadap Oogenesis

Hasil analisis histologis gonad kerang hijau dari perairan Kamal, Marunda, dan Gembong (Teluk Jakarta) menunjukkan bahwa sel-sel gonad telah mengalami degradasi dan debris, sel-sel oosit dan ova telah mengalami penyusutan, lisis lalu hancur dan tidak tereksresi (Gambar 1).

Hasil penelitian Gosling (1992) menyatakan bahwa kerang yang tercemar logam berat akan terganggu perkembangan gametnya bahkan gamet bisa mengalami degenerasi. Lebih lanjut dijelaskan bahwa bioakumulasi logam berat dapat terjadi pada organel lisosom dan akan mengalami degenerasi. Moore (1985) dan Viarengo (1989) berpendapat bahwa pencemaran logam Pb, Cu, dan Cd dapat menyebabkan tidak stabilnya membran organel lisosom dalam sel. Selain itu, juga mempengaruhi proses oksidasi, kerja enzim, dan keseimbangan ion Ca dalam sel. Pada akhirnya logam berat yang bersifat toksik dan telah mengalami bioakumulasi akan menimbulkan biotransformasi dalam sel sehingga akan mengakibatkan terjadinya mutasi gen, serta mengalami perubahan sensitif pada proses pembelahan sel-sel kelamin saat pembelahan metafase. Dengan demikian terjadi perubahan susunan gen-gen pada kromosom dan bahkan menyebabkan abrasi kromosom. Keadaan ini telah dibuktikan pada kerang biru, *M. edulis* (Dixon, 1982).

Histologi gonad kerang hijau betina yang berasal dari Teluk Banten (Karangantu) dan Teluk Lada (Panimbang) terlihat masih normal



**Keterangan (Note):**

Tanda panah menunjukkan sel-sel gamet yang degenerasi dan hilang. Gambar A dan B menunjukkan oosit sekunder lisis dan hilang. Gambar C sel oogonia degenerasi. Sedangkan Gambar D dan C memperlihatkan masih normal (*Arrow sign viewed gamete cells which degeneracy and loses. Figure A and B viewed secondary oocyte lysis and loses. Figure C cell oogonia degeneracy. While Drawing D and C to show that there are still normal*)

**Gambar 1.** Histologi gonad betina kerang hijau (*P. viridis*) berasal dari Kamal, Marunda, Gembong, Karangantu, dan Panimbang

**Picture 1.** *The hystology of female gonad of green mussel (P. viridis) from Kamal, Marunda, Gembong, Karangantu, and Panimbang*

(Gambar 1), sehingga tidak menunjukkan terjadinya degradasi, debris, dan hilangnya sel-sel kelamin oosit dan ova. Dari hasil pengamatan histologi gonad kerang jantan yang berasal dari Teluk Jakarta menunjukkan indikasi bahwa diameter lumen folikel lebih kecil dibanding lumen folikel kerang hijau dari Teluk Banten dan Lada. Selain itu, juga terlihat sel-sel kelamin di dalam lumen folikel agak renggang bila dibandingkan dengan yang berasal dari Teluk Banten dan Teluk Lada.

Hasil pengamatan jumlah sel-sel kelamin, luas, diameter, dan volume lumen folikel

kerang hijau betina di Teluk Jakarta, Banten, dan Lada dapat dilihat Tabel 4 dan 5.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa jumlah oogenia kerang yang berasal dari Teluk Jakarta tidak berbeda dengan Teluk Banten ( $P > 0,05$ ), akan tetapi sangat berbeda nyata bila dibandingkan dengan jumlah oogenia yang berasal dari Teluk Lada ( $P < 0,01$ ). Selanjutnya setelah sel mengadakan proliferasi secara mitosis, jumlah sel-sel oogenia primer pada kerang yang berasal dari Teluk Jakarta sangat rendah dibandingkan dengan yang berasal dari Teluk Banten dan Teluk Lada ( $P < 0,01$ ). Pada

Tabel 4. Rataan sel-sel gonad betina kerang hijau berasal dari perairan Teluk Jakarta, Banten, dan Lada  
 Table 4. The average female gonad cells of green mussel from Jakarta, Banten, and Lada Bays waters

Lokasi <i>Location</i>	n	Sel gonad betina ( <i>Female gonad cell</i> )			Jumlah sel <i>Number of cell</i>
		Oogenia	Oosit primer	Oosit sekunder	
Teluk ( <i>Bay</i> ) Jakarta					
Kamal	80	12.70±4.12	20.04±9.30	7.78±4.20	40.52±13.42
Marunda	80	12.86 ±4.96	25.38±13.34	9.23±4.46	47.48±19.41
Gembong	80	13.84±4.13	15.94± 6.48	7.84±2.72	37.62±9.47
Rataan ( <i>Average</i> )		13.14±2.56 <sup>A</sup>	20.45±6.17 <sup>A</sup>	8.28±2.01 <sup>A</sup>	41.87±8.60 <sup>A</sup>
Teluk ( <i>Bay</i> ) Banten					
Karangantu	80	12.86±4.00 <sup>A</sup>	31.92±10.61 <sup>B</sup>	7.12±4.26 <sup>A</sup>	51.901±16.38 <sup>A</sup>
Teluk ( <i>Bay</i> ) Lada					
Panimbang	80	19.33±9.08 <sup>B</sup>	46.33±18.69 <sup>C</sup>	14.71±10.122 <sup>C</sup>	80.37±30.64 <sup>B</sup>

Keterangan: Angka yang diikuti huruf besar sama secara kolom menyatakan tidak berbeda nyata (P>0,05). Angka yang diikuti huruf besar menyatakan sangat nyata (P<0,01)

Note: Number followed by same block letters in column express not to differ in reality (P>0.05). Number followed by block letters to express very reality (P<0.01)

tahap pembelahan kedua yaitu meiosis menunjukkan jumlah oosit sekunder yang berasal dari Teluk Jakarta tidak berbeda dibandingkan dengan Teluk Banten, namun sangat nyata bila dibandingkan dengan Teluk Lada. Hal yang sama juga terjadi pada jumlah sel-sel gonad. Keadaan ini terjadi karena adanya gangguan pada saat pembelahan sel-sel oogenia pada metafase sebagai akibat adanya logam berat. Menurut Gosling (1992), terjadinya akumulasi logam berat akan mempengaruhi proses gameto-genesis.

Bila dilihat dari diameter, luas, dan volume potongan lumen folikel dalam gonad kerang hijau betina yang berasal dari Teluk Jakarta menunjukkan ukuran yang relatif kecil dibandingkan dengan yang berasal dari Teluk Banten dan Teluk Lada (P<0,01). Namun diameter lumen folikel gonad tersebut lebih besar pada kerang hijau yang berasal dari Teluk Banten dan Teluk Lada (P<0,01). Ukuran diameter, luas, dan volume lumen folikel yang kecil diduga disebabkan oleh pengaruh kombinasi zat-zat pencemar terutama logam berat seperti Pb, Cd, Cr, dan Hg, sehingga sel-sel jaringan pengikat dan sel-sel granulosa serta sel-sel gonad mengalami kemunduran

proses pembelahan dan terjadi degenerasi jaringan tersebut.

Hasil analisis korelasi antara jumlah sel-sel kelamin betina dengan kombinasi logam-logam berat dapat dilihat pada Tabel 6.

Analisis regresi berganda antara sel-sel gonad betina terhadap kombinasi logam berat menunjukkan tidak signifikan (P>0,05). Korelasi memperlihatkan bahwa parameter luas dan volume lumen folikel gonad betina dipengaruhi oleh kombinasi logam-logam tersebut. Keadaan ini menunjukkan bahwa akibat pencemaran dari kombinasi logam-logam atau interaksinya tidak berpengaruh terhadap keberadaan jumlah sel-sel gonad betina kerang hijau.

Hasil analisis regresi linier sederhana antara parameter masing-masing sel-sel kelamin betina kerang hijau dengan masing-masing logam berat tidak signifikan (P>0,05). Namun untuk menerangkan hubungan (korelasi) antara parameter masing-masing sel kelamin betina kerang hijau dengan masing-masing logam berat yang terdapat dalam gonad akibat pencemaran yang berasal dari Teluk Jakarta dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 5. Diameter, luas, dan volume lumen folikel pada gonad betina kerang hijau, *P. viridis* yang berasal dari Teluk Jakarta, Banten, dan Lada

Table 5. The diameter, square, and volume of follicle lumen on female gonad of green mussel, *P. viridis* from Jakarta, Banten, and Lada Bay waters

Lokasi Location	n	Parameter (Parameters)		
		Diameter Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Luas lumen Lumen square ( $\mu\text{m}^2$ )	Volume lumen Lumen volume ( $\mu\text{m}^3$ )
Teluk (Bay) Jakarta				
1. Kamal	80	14.84±2.69	178.54±64.20	714.16±256.78
2. Marunda	80	16.42 ±3.15	68.88±26.64	279.52±106.55
3. Gembong	80	13.67±2.58	48.36±17.22	193.45±68.89
Rataan (Average)		14.98±1.66 <sup>A</sup>	98.93±23.55 <sup>A</sup>	395.71±94.21 <sup>A</sup>
Teluk (Bay) Banten				
1. Karangantu	80	19.22±3.23	298.22±101.96	1,192.89±407.86
Rataan/ Average		19.22±3.23 <sup>B</sup>	298.22±101.96 <sup>B</sup>	1,192.89±407.86 <sup>B</sup>
Teluk (Bay) Lada				
1. Panimbang	80	24.38±6.38	519.83±282.86	2,079.33±1,131.44
Rataan (Average)		24.38±6.38 <sup>C</sup>	519.83±282.86 <sup>C</sup>	2,079.33±1,131.44 <sup>C</sup>

Keterangan: Angka yang diikuti huruf besar berbeda menyatakan perbedaan sangat nyata ( $P < 1\%$ ), dan huruf besar sama menyatakan tidak berbeda nyata ( $P < 0,05$ )

Note: Number followed by block letters to differ in expressing very difference reality ( $P < 1\%$ ), and same block letters expressed not to differ in reality ( $P < 0.05$ )

Tabel 6. Korelasi gabungan logam pencemar terhadap peubah sel-sel gonad betina kerang hijau *P. viridis*

Table 6. The correlation of heavy metal related to the variable of female gonad cells of green mussel *P. viridis*

Hubungan (Correlation)	R
Oogenia--(Pb-Cd-Cr-Hg)	0.56
Oost primer--(Pb-Cd-Cr-Hg)	0.39
Oost sekunder (secondary)--(Pb-Cd-Cr-Hg)	0.70
Jumlah (number of) sel-sel--(Pb-Cd-Cr-Hg)	0.58
Diameter lumen folikel--(Pb-Cd-Cr-Hg)	0.39
Luas (square) lumen folikel--(Pb-Cd-Cr-Hg)	<b>0.86</b>
Volume lumen folikel--(Pb-Cd-Cr-Hg)	<b>0.86</b>

Keterangan (Note):  $r \geq 0,811$  berarti nyata ( $P < 0,05$ );  $r \geq 0,822$  berarti sangat nyata ( $r \geq 0.811$  meaning reality ( $P < 0.05$ );  $r \geq 0.822$  meaning very reality ( $P < 0.01$ ))



Tabel 7. Nilai korelasi antara sel-sel gonad betina kerang hijau dengan logam berat pencemar  
 Table 7. The correlation value between female gonad cells and pollutant of heavy metals

Parameter sel kelamin betina <i>Parameters value female gonad</i>	Nilai korelasi ( r ) <i>Correlation value ( r )</i>			
	Pb	Cd	Cr	Hg
Oogenia	0.44	0.30	<b>0.69</b>	0.45
Oosit primer	0.48	0.48	0.30	0.49
Oosit sekunder	<b>0.75</b>	<b>0.57</b>	<b>0.57</b>	<b>0.74</b>
Jumlah sel ( <i>number of cell</i> )	0.37	<b>0.63</b>	0.43	0.47
Diameter	0.37	0.47	0.45	0.33
Luas ( <i>square</i> )	<b>0.76</b>	<b>0.71</b>	<b>0.57</b>	<b>0.70</b>
Volume	<b>0.78</b>	<b>0.74</b>	<b>0.66</b>	<b>0.58</b>

Keterangan (Note): r ≥ 0,811 berarti nyata (P<0,05); r ≥ 0,822 berarti sangat nyata (r ≥ 0.811 meaning reality (P<0.05); r ≥ 0.822 meaning very reality (P<0.01))

Dari hasil analisis korelasi sel-sel gonad betina kerang hijau menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara logam berat kromium (Cr) terhadap tahap perkembangan sel-sel oogenia (r= 0,69), sel-sel oosit sekunder (r= 0,57). Logam Pb, Cd, Cr, dan Hg berpengaruh terhadap perkembangan sel-sel oosit sekunder (r= 0,75; r= 0,57; r= 0,74). Namun demikian, logam berat Cd berpengaruh terhadap keseluruhan jumlah sel-sel gonad betina (r= 0,63). Seluruh logam berat tersebut tidak berpengaruh terhadap diameter lum folikel betina, tetapi berpengaruh terhadap luas dan volume lumen folikel pada gonad kerang betina.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Di Teluk Jakarta terjadi bioakumulasi logam berat Pb, Cd, Cr, dan Hg pada gonad kerang hijau betina, sedangkan di Teluk Banten dan Teluk Lada hanya mengandung logam berat Pb dan Cd.
2. Bioakumulasi logam berat di Teluk Jakarta berpengaruh terhadap proses oogenesis ditandai dengan adanya sel-sel gonad betina yang mengalami penyusutan, debris, dan hilang.

3. Terdapat korelasi positif antara jumlah oogonia dan oosit sekunder kerang hijau dengan logam kromium. Logam Pb, Cd, Cr dan Hg berpengaruh terhadap perkembangan sel-sel oosit sekunder dan logam berat Cd berpengaruh terhadap keseluruhan jumlah sel-sel gonad betina.
4. Bioakumulasi logam berat pada gonad berpengaruh terhadap oogenesis.

### Saran

Dari hasil penelitian ini disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh tunggal dari logam berat Pb, Cd, Cr, dan Hg terhadap jumlah sel-sel gonad kerang hijau betina, apakah mempengaruhi oogenesis.

Agar pemerintah daerah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta dan Provinsi Banten dapat menertibkan dan meminimalkan limbah perusahaan atau limbah domestik yang mengandung logam berat, sehingga keberadaan budidaya kerang hijau dapat berkesinambungan dan dapat meningkatkan pendapatan bagi nelayan setempat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arao, T. and S. Ishikawa. 2006. Review: Genotypic Differences in Cadmium Concentration and Distribution of Soybean and Rice. *JARQ*. 40(1): 21—30.

- Chipperfield, P.N.J. 1953. Observation on the breeding and settlement of *Mytilus edulis* (L.) in British waters. Journal of the Marine Biological Association of the U.K. 32: 361--389.
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Penerbit Universitas Indonesia, UI-Press. Jakarta. p. 21--45.
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Penerbit Universitas Indonesia, UI-Press. Jakarta. p.86--128.
- Dong, Y.H. 2007. Status of sanitation and marketing of molusca in Republic of Korea. FAO. p. 1--8.
- Dinas Peternakan, Perikanan dan Kelautan Provinsi DKI Jakarta. 2006. Kajian eksistensi Budidaya Kerang hijau di Teluk Jakarta. Laporan Akhir. Jakarta. p. 28--71.
- Dixon, D.R. 1982. Aneuploidy in mussel embryos (*Mytilus edulis* L.) Originating from a polluted dock. Mar. Biol. Lett. 3: 155--161.
- Gordon, N.D., T.A. McMahon, and P.L. Finlayson 1992. *Stream Hydrology: an introduction for ecologist*. John Wiley and Sons. Chichester. 526 pp.
- Gosling, E. 1992. The Muscle *Mytilus*: Ecology, physiology genetics and cultures. Development in Aquaculture Fisheries Science, Vol. 25. Elsevier London, New York, Tokyo. p. 442--459.
- Hutagalung, H.P. 2001. Mercury and Cadmium content in green mussel, *Mytilus viridis* L. From Onrust waters, Jakarta Bay Creator. Bull. Env. Cont. And Tox. 42(6): 814--820.
- Kantor Pengkajian Perkotaan dan Lingkungan (KPPL). 1997. Laporan Tahunan Prokasih PEMDA DKI Jakarta. p. 1--30.
- Lutan I. 2004. *Metoda pengambilan contoh air*. Warta Oseanografi. Vol. XVIII No.3. Juli-September. Jakarta. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. p. 24--28.
- Muawanah, N. Sari, Hendrianto, dan A. Triana. 2005. Pemantauan Lingkungan Perairan pada Kegiatan Pengembangan Budidaya dan Sanitasi Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Kabupaten Padeglang, Provinsi Banten. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*. 4(1): 13--16.
- Moore, M.N. 1985. Cellular responses to pollutants. *Mar. Pollut. Bull.* 16: 134--139.
- Riani, E., S.H. Sutjahjo, dan I. Mulyawan. 2004. Penanganan limbah B3 dengan sistem biofilter kerang hijau di Teluk Jakarta. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta kerjasama dengan IPB. Bogor. p. 24--52.
- Setyobudiandi, I. 2004. Beberapa Aspek Biologi Reproduksi Kerang Hijau *Perna viridis* Linnaeus, 1758 pada Kondisi Perairan Berbeda. Desertasi. Pascasarjana. IPB. Bogor. p. 58--110.
- Steel, R.G.D. dan H. Torrie. 1995. Prinsip-prinsip dan prosedur statistika: Suatu pendekatan Biometrik. Edisi ke dua. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. p. 327--400.
- Viarengo, A. 1989. Heavy metals in marine invertebrates: Mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level. *Rev. Aqual. Sci.* 1: 295--317.
- Wahyuni, I.S., S.T. Hartati, dan Murniyati. 1993. Pengaruh Pencemaran terhadap Pertumbuhan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Sebagai Satu Telaah Studi Baku Mutu Lingkungan Perairan Laut. *Bulletin Pen. Perikanan*. Edisi Khusus. 4: 139--146.
- Zenzes, M.T., S. Krishnan, B. Krishnan, H. Zhang, and R.F. Casper. 1995. Cadmium accumulation in follicular fluid of woman in invitro fertilization-embryo transfer is higher in smoker. *Fertility and Sterility*. 64(3): 599--603.