

## PENGARUH PENCEMARAN LOGAM BERAT TERHADAP STRUKTUR POPULASI DAN ORGAN TUBUH RAJUNGAN (*Portunus pelagicus*, LINN)

### *The Influence of Heavy Metals Contamination to the Population Structure and Organs of the Blue Swimming Crab (Portunus pelagicus, LINN)*

Arie Prabawa<sup>a</sup>, Etty Riani<sup>b</sup> dan Yusli Wardiatno<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

<sup>b</sup> Departemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

**Abstract.** Blue Swimming crab (*Portunus pelagicus*) is one of important fishery in Indonesia that captured nearshore on the bottom of the sea. There has been a significant water contamination on the Jakarta bay and the fishery are reported to be effected. Many heavy metals and other contaminants are introduced into the waters, sediments, and fishery that living in the bay. Heavy metals such as Pb, Cd, Hg and As are the most lethal contaminants and found in Jakarta Bay. This study aims to determine the effect of heavy metals contaminants to the blue swimming crab morphometric, body organs and population structure of blue swimming crabs in Jakarta bay, which compared to the study in healthier environment in Madura island. The results of this study showed that 1) The morphometric parameter of blue swimming crab population in Jakarta and Madura are significantly different. 2) The internal organ of the blue swimming crab (hepatopancreas, gonad and gill) in Jakarta bay are also significantly different than in Madura. The histological analysis are confirmed some abnormal indication of the internal body of the blue swimming crab in Jakarta bay. 3) Some population parameters of the blue swimming crab in Jakarta bay are significantly different than in Madura island. The fishery structure in Jakarta bay showed the size of first maturity of the crabs is relatively smaller than in Madura and other area of Indonesia. The fishery mangament based on spatial area management is recommended to apply in different area of Indonesia.

Keywords: heavy metal contamination, blue swimming crab

(Diterima: 07-02-2014; Disetujui: 19-05-2014)

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Rajungan (*Portunus pelagicus*, LINN) dikenal dalam bahasa Inggris dikenal sebagai *blue swimming crab* yang merupakan satu spesies yang bernilai ekonomis penting di antara jenis yang lain seperti *Portunus trituberculatus*, *Portunus gladiator*, *Portunus sanguinus*, *Portunus hastatoides* (Susanto 2006). Rajungan memiliki nilai ekonomis yang tinggi dengan diekspor ke ke Singapura, Jepang, Amerika dan Eropa. Ekspor hasil pengolahan rajungan saat ini berada pada posisi ketiga dari nilai ekspor perikanan Indonesia setelah tuna, udang dan rumput laut (KKP 2012).

Rajungan terdistribusi ke seluruh air Indo-pasifik, termasuk di hampir di seluruh perairan Indonesia, terutama di sekitar Bangka-Belitung, di Laut Jawa dari Sumatera Timur ke Bali, Selat Makassar, Sulawesi timur dan selatan, Laut Flores dan Nusa Tenggara (Susanto 2007). Beberapa daerah di Indonesia tercatat telah tereksploitasi dan menggunakan daging rajungan untuk ekspor, seperti di Bangka-Belitung, utara Jawa (Panimbang, Labuhan, Serang, Cirebon, Juwana, Rembang, Madura), Sulawesi (Barru, Maros,

Makassar, Kendari), dan Nusa Tenggara Barat (Bima Bay) (Susanto 2006).

Dengan semakin populernya spesies rajungan, kegiatan pengolahan perikanan rajungan di wilayah Pasifik dan lautan Hindia telah meningkat sejak awal 1950-an. Berdasarkan data FAO, pada tahun 2003, kegiatan penangkapan rajungan telah mencapai 184.861 ton dan saat ini sebagian besar rajungan telah diperoleh dari tidak dapat diandalkan dan musiman (Andrés M., Guiomar Rotllant dan Chaoshu Zeng 2009).

Data Kementerian Kelautan dan Perikanan menunjukkan potensi lestari rajungan yang bisa dimanfaatkan diperkirakan sebesar 7,2 juta ton/tahun, dan yang dimanfaatkan baru sekitar 40% atau 2,7 juta ton/tahun, namun kenyataannya saat ini effort untuk penangkapan rajungan semakin tinggi dan jumlah penangkapan yang semakin berkurang (Ruliaty *et al.* 2008). Berdasarkan data statistik internal Asosiasi Pengelolaan Rajungan Indonesia disebutkan bahwa lebih 40% hasil pengolahan rajungan berasal dari wilayah Jakarta (KKP 2012).

Kondisi ekologis perairan teluk Jakarta yang tertekan oleh pencemaran air diduga telah mempengaruhi karakteristik biologi dan kelestarian rajungan di teluk Jakarta, yang selanjutnya bisa mempengaruhi hasil tangkap dan penghasilan nelayan

rajungan. Perairan Teluk Jakarta merupakan salah satu perairan di Indonesia yang padat dengan berbagai jenis kegiatan manusia. Di perairan tersebut terdapat lokasi rekreasi (Ancol), beberapa industri atau pabrik, tempat penangkapan ikan oleh nelayan Jakarta dan empat buah pelabuhan besar yaitu Pelabuhan Tanjung Priok, dua buah Pelabuhan Perikanan, dan juga Pelabuhan kayu. Di samping itu Perairan Teluk Jakarta juga merupakan badan air terakhir yang menampung limbah dari industri-industri dan pembuangan sampah yang ada di Jakarta dan sekitarnya yang membuang limbahnya secara langsung maupun tidak langsung yaitu melalui 13 sungai yang bermuara ke Teluk Jakarta.

Salah satu jenis pencemar utama yang berasal dari industri adalah logam berat. Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm<sup>3</sup>, terletak di sudut kanan bawah sistem periodik, mempunyai daya ikat yang tinggi terhadap unsur S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari perioda 4 sampai 7 (Palar 1994). Logam berat tergolong berbahaya apabila masuk kedalam tubuh dan mempunyai sifat serta efek yang sulit diuraikan secara biologis, bersifat permanen dalam lingkungan air, bersifat toksik terhadap organisme air dan manusia (Darmono 1995).

Adanya berbagai aktivitas tersebut berpotensi menimbulkan pencemaran pada perairan yang berimbas pada tercemarnya biota yang ada di dalamnya. Bila biota air tersebut dimakan manusia maka logam berat akan terakumulasi dalam jaringan tubuh manusia sehingga berbahaya bagi kesehatan (Philips 1993 dalam Nuhman 2003), karena menyebabkan anemia, kerusakan sistem saraf, ginjal, terganggunya sistem reproduksi, turunnya IQ dan berpengaruh terhadap penyerapan zat oleh tulang untuk pertumbuhan, serta dapat merangsang kelahiran bayi prematur.

Melalui penelitian ini diharapkan dapat mengetahui informasi mengenai pengaruh pencemaran terhadap organ tubuh rajungan yang ditangkap di teluk Jakarta dan kondisi struktur populasinya.

### *1.2. Kerangka Pemikiran*

Berdasarkan informasi hasil penangkapan nelayanperairan utara jakarta memiliki kelimpahan rajungan berukuran kecil dan bertelur dalam jumlah banyak, merata dan dalam kurun waktu yang cukup lama. Terbatasnya informasi mengenai profil sumberdaya perikanan rajungan di teluk jakarta, dan kondisi ekologisnya dikhawatirkan dapat mengganggu kelestarian rajungan di kawasan perairan tersebut di masa datang.

Limbah yang berasal dari darat dibuang ke sungai-sungai yang bermuara di teluk Jakarta, yang bisa berasal dari limbah industri dan limbah domestik. Peningkatan pencemaran di teluk jakarta berkorelasi positif dengan meningkatnya aktivitas manusia dan kegiatan penangkapan nelayan sendiri. Beban

pencemaran juga dipengaruhi oleh iklim, yang berbeda saat musim hujan dan musim kemarau. Apabila perairan teluk jakarta telah tercemar, maka diduga biota yang hidup pun ikut tercemar. Rajungan merupakan hewan benthik yang hidup di dasar perairan diduga akan terpengaruh oleh pencemaran logam berat di Teluk Jakarta. Kerangka analitis mengasumsikan bahwa kandungan pencemaran teluk Jakarta mempengaruhi performa perikanan rajungan, yang bisa diukur dari kondisi biologis rajungan yang terlihat dari struktur populasi dan kandungan logam berat pada organ tubuh rajungan.

Pengetahuan mengenai pengaruh pencemaran logam berat terhadap rajungan, akan menunjukkan struktur populasi rajungan yang pada gilirannya akan mengubah kegiatan penangkapan rajungan (kelestarian, hasil tangkap, pendapatan, dan lain sebagainya). Mengingat tidak banyak informasi mengenai pengaruh pencemaran terhadap penurunan serius dari populasi, maka fokus penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh pencemaran logam berat terhadap struktur populasi dan organ tubuh rajungan di teluk Jakarta.

### *1.3. Perumusan Masalah*

Berdasarkan uraian yang telah disebutkan di atas, maka permasalahan yang dapat dirumuskan antara lain sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh pencemaran logam berat terhadap struktur populasi rajungan
2. Bagaimanakah pengaruh pencemaran logam berat terhadap kerusakan organ tubuh rajungan
3. Bagaimanakah pengaruh pencemaran logam berat yang paling dominan terhadap struktur populasi dan kerusakan organ tubuh rajungan

### *1.4. Tujuan Penelitian*

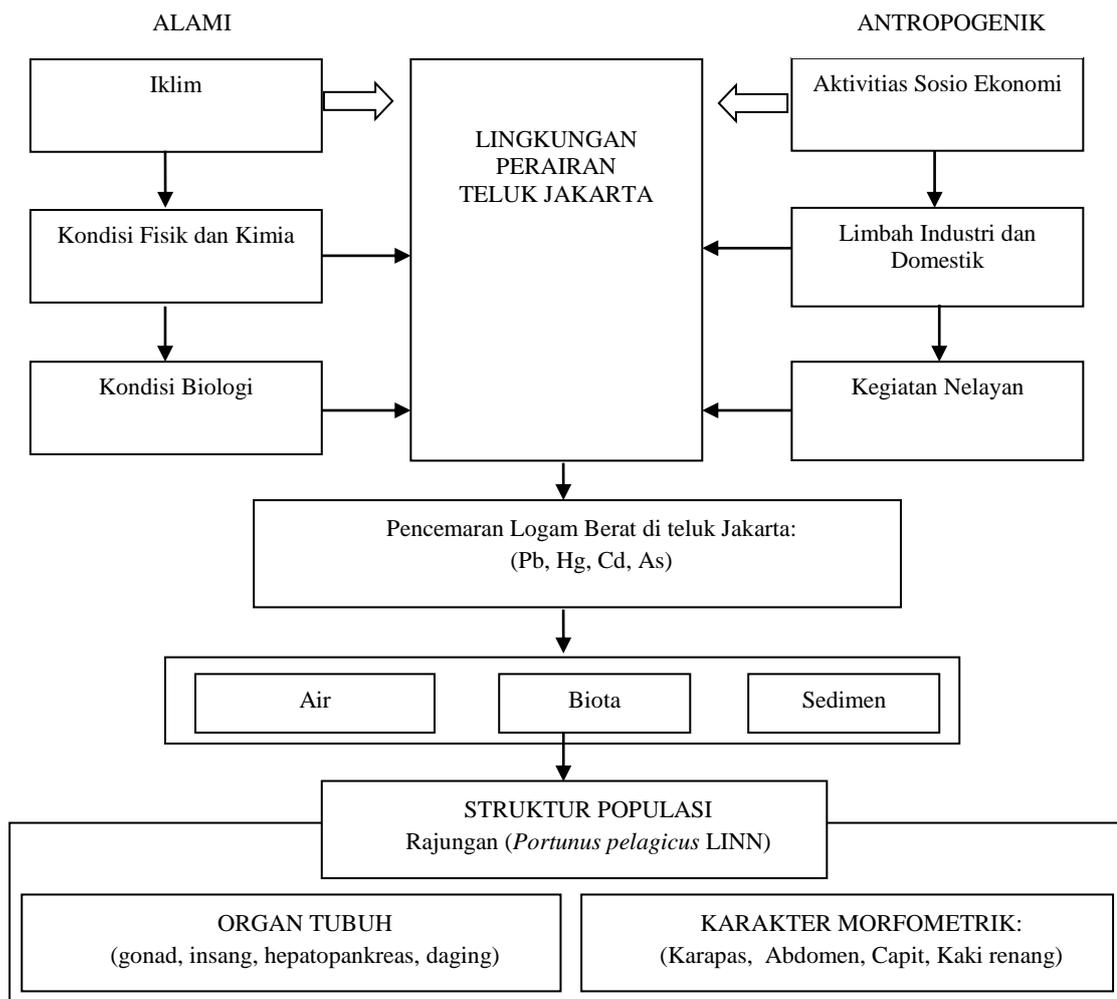
Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui jenis kandungan logam pencemar di lokasi penangkapan rajungan di teluk Jakarta
2. Untuk melihat pengaruh pencemaran pencemaran rajungan terhadap struktur populasi rajungan
3. Untuk mengetahui pengaruh pencemaran logam berat terhadap organ tubuh rajungan

## **2. Metodologi**

Waktu penelitian dilaksanakan selama 3 bulan dimulai bulan Oktober 2012 – Januari 2013 di Teluk Jakarta, dan Timur Madura sebagai pembanding. Direncanakan pengambilan data dilakukan di lokasi dimana nelayan rajungan beroperasi, yang bisa digambarkan dilakukan di 2 lokasi:

- Lokasi A berada di teluk Jakarta
- Lokasi B berada di luar lokasi teluk jakarta sebagai perbandingan (Pulau Madura)



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran

### 2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini merupakan studi empiris mengenai sumberdaya rajungan di Teluk Jakarta. Penelitian terhadap pencemaran di perairan Teluk Jakarta dilakukan menggunakan data primer dari lokasi tempat penangkapan rajungan dan data primer hasil laboratorium. Sample yang akan dianalisa logam beratnya berupa air, sedimen dan rajungan.

Lokasi pengambilan sampel rajungan dilakukan dengan mengikuti nelayan di perairan teluk Jakarta. Dari informasi lokasi-lokasi fising ground rajungan yang diperoleh dari kebiasaan nelayan menangkap rajungan, di sebelah utara Cilincing, Jakarta yang mewakili kondisi perairan tercemar logam berat, dan sampel lainnya diambil sebelah timur kanal banjir kanal timur yang menggambarkan kondisi rajungan di pinggiran teluk Jakarta. Untuk membandingkannya, diambil juga sample yang berasal dari luar wilayah Jakarta, yang menggambarkan kondisi pencemaran yang rendah.

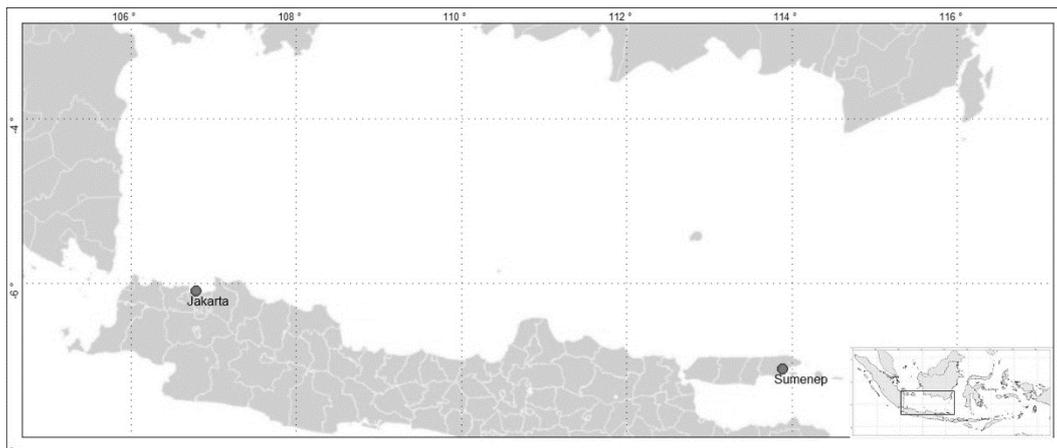
Analisa histopatologi dilakukan untuk melihat adanya kerusakan organ pada organ tubuh insang, hepatopankreas dan daging. Jenis rajungan yang akan

diambil sampelnya akan mewakili ukuran kecil, sedang dan besar serta kondisi rajungan yang bertelur.

Data morfometrik akan diambil pada semua ukuran rajungan dalam populasi yang tertangkap dalam jaring, dan selanjutnya akan dianalisa dengan program FiSAT untuk mengetahui struktur populasi.

### 2.2. Jenis dan Sumber Data

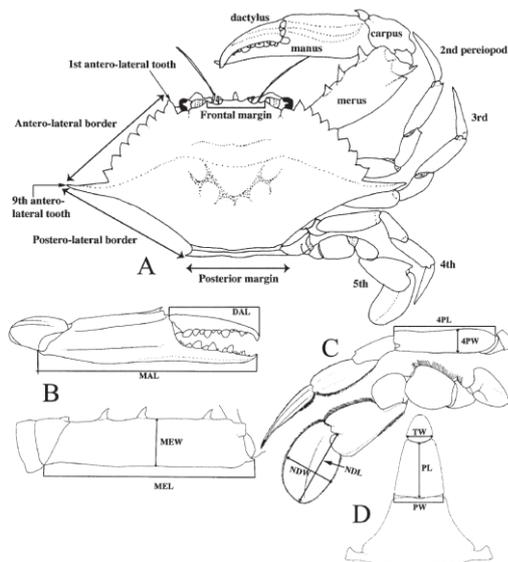
Data primer diambil di lokasi penelitian yang meliputi: hasil penangkapan, lokasi penangkapan, ukuran morfometrik tubuh rajungan, air dan sedimen untuk dianalisa di laboratorium. Pengumpulan data primer dilakukandengan observasi langsung terhadap kegiatan nelayan, pencatatan hasil penangkapan, pengukuran insitu dan analisa laboratorium. Data primer mengenai karakteristik biologi rajungan didapatkan dari hasil tangkap nelayan, sedangkan data mengenai kandungan logam berat di dalam organ tubuh rajungan didapatkan dari hasil analisa histopatologi tubuh rajungan.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian di perairan teluk Jakarta berada di 6° 5'18.96"S dan 106°43'42.75"T, sedangkan lokasi penelitian kedua berada di timur Sumenep ( Pulau Madura) pada koordinat 113°57'13.49"T dan 7° 3'4.71"S

Tabel 1. Jenis, metode pengumpulan, dan analisis data berdasarkan tujuan penelitian

Tujuan Penelitian	Jenis dan Sumber Data	Teknik Pengumpulan Data	Analisis Data	Output
Kualitas Air dan Substrat lokasi penelitian	Data primer	Uji lab	Analisis logam berat di laboratorium Deskriptif	Tingkat Pencemaran, Kondisi biofisik
Morfometrik,	Data Primer Pengambilan sample di fishing ground	Pengukuran langsung	Uji T - SPSS Deskriptif FiSAT II	Struktur Populasi
Organ tubuh	Data Primer Pengambilan sample di fishing ground	Uji laboratorium	Fisat II Uji T - SPSS Deskriptif	Struktur Populasi



Gambar 3. Skema organ tubuh rajungan yang menunjukkan morfologi dan pengukurannya (morfometrik) dalam penelitian ini meliputi A, permukaan dorsal; B, cheliped; C, pereopods; D, abdomen (Lai, J. C. Y., Peter, K.L.Ng, dan Peter J.F.D. 2010), dengan meliputi total 14 bagian morfologi tubuh rajungan, membandingkan nilainya antara lain CW1/CL, CW2/CL, MEL/MEW, MAL/DAL, 4PL/4PW, NDL/NDW, PL/PW dan PL/TW

### 2.3. Populasi dan Sampel

Populasi adalah kumpulan semua elemen dalam populasi dimana sampel diambil, sedangkan sampel adalah sebagian dari populasi. Jumlah sample rajungan untuk pengamatan morfometrik adalah mewakili semua ukuran yang tertangkap. Jumlah masing-masing sampel yang dianalisis untuk tiap jenis logam berat (Pb, Cd, Hg, dan As), yang meliputi air, substrat dan histopatologi terhadap daging, hepatopankreas dan insang rajungan.

### 2.4. Teknik Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini teknik yang digunakan adalah sebagai berikut. Untuk mengetahui kandungan logam berat pada tubuh rajungan dilakukan pengambilan sample rajungan dalam keadaan hidup lalu dikirimkan ke laboratorium untuk dilakukan histopatologi, sedangkan pengambilan sample sedimen dan air.

Pengukuran morfometrik, dilakukan dengan mengambil sample rajungan secara individual, lalu diukur dan ditimbang untuk parameter berikut lebar karapas, bagian luar (OCW) dan bagian dalam (ICW) menggunakan alat ukur dan berat tubuh menggunakan

timbangan digital. Pengukuran karakteristik morfologi, seperti: lebar karapas, lebarcapit, panjang capit, dan panjang chela dan lebar abdomen dilakukan dengan melakukan pengukuran dengan alat ukur timbangan dan kaliper.

Penelitian ini bersifat observasional analitik, menggunakan analisis komparatif. Teknik pengambilan data di lapangan dilakukan secara *cross sectional*, yaitu pengamatan dilakukan secara langsung terhadap objek yang diteliti.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisa laboratorium Pengujian Produktivitas dan Lingkungan Perairan (Proling), Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan IPB, pada tanggal Januari dan Februari 2013 didapatkan hasil analisa laboratorium sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil analisa logam berat terhadap sedimen Teluk Jakarta dan Madura

No	Kode		Parameter			
	Lab	Customer	Pb	Cd	Hg	As
Sedimen Teluk Jakarta (mg/kg)						
1	M.129-2	Substrat Laut	67,6	<0,10	<0,02	<0,02
2	M.129-4	Substrat Muara	48,4	<0,10	<0,02	<0,02
Sedimen Madura (mg/kg)						
1	LPR-1	Substrat Laut	15,4	2,00	<0,02	<0,02
2	LPR-2	Substrat Muara	2,8	1,00	<0,02	<0,02
NAB IADC/CEDA, Norwegia 1997			30 mg/kg	1 mg/kg		

Hasil pengukuran kadar logam berat dalam sedimen disajikan pada Tabel 2. Kadar Pb berkisar antara 48,4-67,6 mg/kg di Teluk Jakarta relatif lebih tinggi dibandingkan dengan kadar Pb di Madura yang berkisar antara 2,8 – 15,4 mg/kg. Kadar Cd di Jakarta kurang dari 0,1 mg/kg, relatif lebih kecil dibandingkan kadar Cd di Madura yaitu 1-2 mg/kg. Kadar Pb di Jakarta berdasarkan lebih tinggi dibandingkan standard keamanan biota laut yakni antara 30 ppm sedangkan kadar Pb di Madura masih dibawah ambang batas.

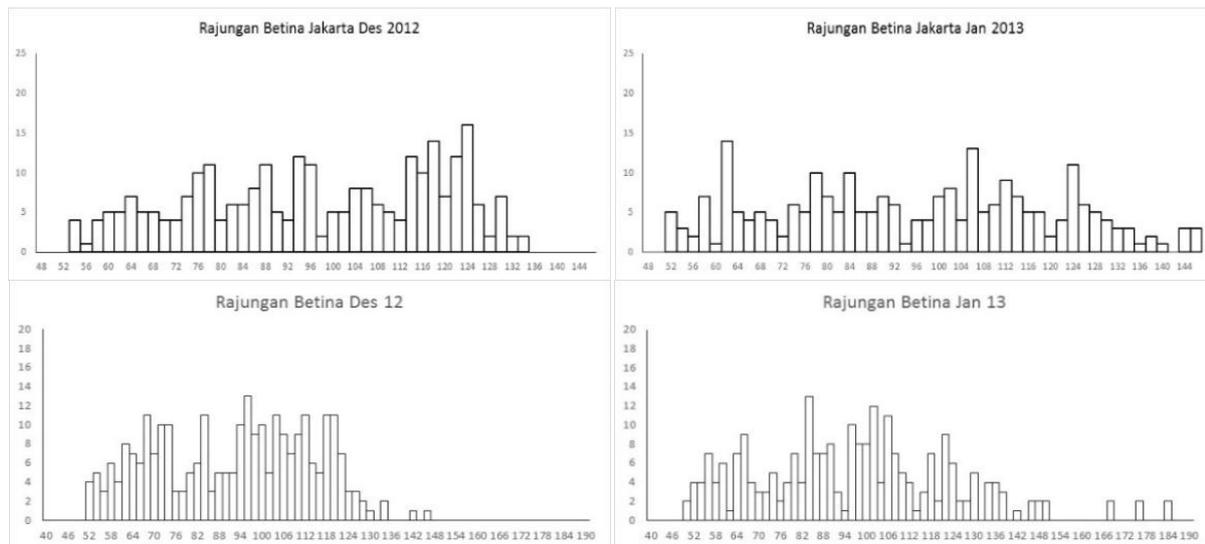
Logam berat yang bersifat toksik antara lain As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni dan Zn, dengan Hg dan Cd pada konsentrasi yang sangat sedikit dapat bersifat racun dan berbahaya bagi kehidupan. Logam berat seperti Pb, bisa berdarah ke seluruh tubuh dengan cara mengikat protein eritrosit dalam plasma, sedangkan sisanya diangkut sebagai ion bebas. Selanjutnya Pb akan didistribusikan ke jaringan lain dan pada jaringan tertentu akan terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar. Salah satu tempat akumulasi Pb adalah tulang, karena Pb memiliki sifat kimiawi yang mirip dengan kalsium di tulang, sehingga dapat mensubstitusi kalsium di tulang (Riani 2012).

Hasil pengujian statistik, terhadap morfometrik Betina Rajungan Madura dan Jakarta diperoleh bahwa semua nilai menunjukkan perbedaan nyata, yaitu perbandingan lebar karapas (CW) dengan panjang karapas (CL), perbandingan panjang (MEL) dan lebar (MEW) merus, perbandingan panjang manus (MAL) dan dactylus (DAL), perbandingan panjang (4PL) dan lebar (4PW) kaki jalan ke empat, perbandingan segmen panjang (NDL) dan lebar (NDW) kaki renang ke lima, perbandingan panjang (PL) dan lebar (PW) abdomen.

Distribusi frekuensi ukuran lebar karapas rajungan di semua lokasi, secara umum sesuai dengan sebaran normal. Secara umum ukuran karapas rajungan di Jakarta lebih kecil dibandingkan di Madura, dengan Rata rata ukuran lebar karapas Rajungan Jantan-Jakarta  $97,5 \pm 26,2$  mm, Betina Jakarta  $96,6 \pm 26,3$  mm, Jantan Madura  $103,7 \pm 23,5$  mm dan  $105,9 \pm 22,1$  mm.

Dalam analisis hubungan panjang-berat dilakukan pengukuran terhadap 7610 ekor ekor rajungan (*P. pelagicus*) dari teluk Jakarta dan 9331 ekor rajungan dari Madura, dengan memisahkan jenis kelamin jantan maupun betina, bulan pengamatan, dan lokasi penangkapan memperlihatkan pola pertumbuhan seperti tertera pada Tabel 3. Hasil simulasi hubungan panjang-berat menunjukkan pola pertumbuhan rajungan jantan dan betina di Teluk Jakarta bulan Maret, Mei, Agustus, Oktober, dan Desember 2013 maupun di Madura bulan November 2012 sampai Oktober 2013 pada selang kepercayaan 95%, nilai b dari keseluruhan rajungan adalah 2.00641 – 2.3568, dari hasil uji-t diperoleh  $t_{hitung} > t_{tabel}$ . Hal ini menunjukkan pola pertumbuhan rajungan di Teluk Jakarta dan Madura bersifat allometrik negative ( $b < 3$ ) yang berarti pertumbuhan panjang lebih tinggi dibandingkan dengan pertumbuhan beratnya (kurus).

Selanjutnya hasil pengukuran morfometrik selama 3 bulan (November 2012 – November 2013) diolah menggunakan software Fisat II, mendapatkan informasi pertumbuhan tiap jenis kelamin yang ditunjukkan oleh koefisien (K), rajungan di Jakarta lebih rendah dibandingkan dengan di Madura (table 3). Sedangkan ukuran maximum (tmax) rajungan di Jakarta dicapai lebih lama dibandingkan di Madura.



Gambar 4. Grafik length frequency rajungan di Jakarta (atas) dan Madura (bawah)

Tabel 3. Hasil analisa lebar karapas, pertumbuhan di Teluk Jakarta dan Madura

Jenis Rajungan	$L_{\infty}$ (mm)	$L_{max}$ (mm)	K	tmax
<b>Teluk Jakarta</b>				
Jantan	150	143	1.09	33 bln
Betina	153	146	0.92	39 bln
<b>Madura</b>				
Jantan	176	167	1.18	31 bln
Betina	178	169	1.01	36 bln

Tabel 4. Perbedaan ukuran pertama kali tingkat kematangan gonad (LM 50)

Lokasi	Betina (LM-50)	Sumber
Brebes	101.4 mm	Sunarto (2012)
Subang	105 mm	Hermanto (2004)
Pati	110 mm	Ernawati (2013)
Dar Es Salaam, Tanzania	87 mm	Chande & Mgya (2003)
Bandar Abbas	96 mm	Kamrani et al. (2010)
Cockburn, Australia	86,4 mm	de Lestang et al. (2003)
Teluk Jakarta	79 mm	Penelitian ini
Madura	114 mm	Penelitian ini

Berdasarkan hasil perbandingan dengan daerah lain, maka rajungan betina di Madura memiliki LM50 diatas 100 mm seperti di lokasi Brebes, Subang, Pati dan Ragay Bay Philippine. Sedangkan LM 50 rajungan di teluk Jakarta dibawah 100 mm memiliki pola serupa seperti di wilayah perairan dekat perkotaan seperti Tanzania dan Cockburn Australia (Tabel 4).

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisa statistika, didapatkan bahwa morfotrik dan organ tubuh rajungan di Teluk Jakarta berbeda nyata dibandingkan dengan rajungan di Madura. Selain itu juga diduga karena kondisi

populasi rajungan di teluk Jakarta mengalami tekanan penangkapan yang lebih tinggi dibandingkan di daerah Madura. Pencemaran lingkungan oleh logam berat (Pb, Cd, Hg da As) diduga mempengaruhi kondisi struktur populasi rajungan di teluk Jakarta.

Perikanan yang dalam di lingkungan yang mengalami tekanan lingkungan lebih tinggi dibandingkan perairan yang normal, membutuhkan strategi pengelolaan yang berbeda. Ukuran pertama kematangan gonad (LM 50) bisa menjadi *biological reference point* pengelolaan, dimana ukuran tingkat kematangan gonad rajungan di setiap wilayah bisa berbeda tergantung kondisi lingkungannya. Penelitian lanjutan untuk mengetahui zona pemijahan dan asuhan, musim pemijahan, dan tingkat penangkapan perikanan rajungan dibutuhkan untuk menentukan strategi pengelolaan perikanan rajungan yang paling sesuai.

#### Daftar Pustaka

- Chande, A. I., Mgya Y. D., 2003. The fishery of *Portunus pelagicus* and the species diversity along the cost of Dares Salaam, Western Indian Ocean. *Journal of Marine Science* 2, pp. 75-84.
- de Lestang, S., Hall N. G., Potter I. C., 2003. Reproductive of The Blue Swimmer Crab (*Portunus pelagicus*) in Five Bodies of Water Coast of Australia, *Fish. Bull.* 101, pp. 745-757.
- Ernawati, T., 2013 *Dinamika Populasi dan Pengkajian Stok Rajungan (Portunus pelagicus Linnaeus) di Kabupaten Pati dan Sekitarnya*. Thesis. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- [4] Kamrani, E., Sabili A. N., Yahyavi M., 2010. Stock Assessment and Reproductive Biology of The Blue Swimming Crab, *Portunus pelagicus* in Bandar Abbas Coastal Waters, Northern Persian Gulf. *Journal of The Persian Gulf. Marine Science* 1(2), pp. 11-22.
- [5] Mamangkey, J. J., 2002. Hubungan Perkembangan Otolit dengan Pertumbuhan Ikan Terbang (*Cypselurus poecilopterus*) di Perairan Teluk Manado. *Jurnal Iktiologi Indonesia* 2(1), pp. 15-19.
- [6] Nuhman, 2003. Kandungan Kadmium pada Udang Windu (*Penaeus monodon*) Hasil Budidaya secara Intensif dan Tradisional. *Majalah Ilmiah Kelautan* 1(1). Neptunus Universitas Hang Tua, Surabaya.
- [7] Puspangsih, D., 2006. Analisa Kandungan Logam Berat Hg di Sekitar Perairan Kepulauan Seribu. Seminar Nasional Tahunan III Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar.
- [8] Ragionieri, L., Sara Fratini, Marco Vannini, and Christoph D. Schubart, 2009. Phylogenetic and morphometric differentiation reveal geographic radiation and pseudo-cryptic speciation in a mangrove crab from the Indo-West Pacific. *Elsevier, Molecular Phylogenetics and Evolution* 52, pp. 825-834.
- [9] Riani, E., 2012. Perubahan Iklim dan Kehidupan Biota Akuatik (Dampak pada Bioakumulasi Bahan Berbahaya dan Beracun & Reproduksi). IPB Press, Bogor.
- [10] Sawusdee, A., Songrak A., 2009. Population Dynamics and Stock Assessment of Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) in the Coastal Area of Trang Province, Thailand. *J Sci & Tech* 2009 6(2), pp. 189-202
- [11] Sunarto, 2013. Karakteristik Bioekologi Rajungan (*Portunus pelagicus*) di Perairan Laut Kabupaten Brebes. Disertasi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [12] Susanto, 2006. Kajian Bioekonomi Sumberdaya Kepiting Rajungan (*Portunus pelagicus* L) di perairan Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. *Jurnal Agrisistem* 2, pp. 20-27.