

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/322287645>

Concentration of Lead in Marine Bivalve (*Meretrix meretrix*, Linnaeus, 1758) and its Correlation with Condition Index

Conference Paper · May 2017

CITATIONS

0

READS

360

2 authors:



Khusnul Yaqin

Universitas Hasanuddin

79 PUBLICATIONS 170 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Liestiaty Fachruddin

18 PUBLICATIONS 23 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Standardized production of *Oryzias celebensis* (Medaka celesbes) for ecotoxicological research [View project](#)



Sustainable costal management [View project](#)

Kandungan Logam Timbel di Dalam Kerang Lamis (*Meretrix meretrix*, Linnaeus, 1758) dan Korelasinya Dengan Indeks Kondisi

Concentration of Lead in Marine Bivalve (*Meretrix meretrix*, Linnaeus, 1758) and its Correlation with Condition Index

Yaqin K^{*1,2} dan Fachruddin L¹

¹ Study Program of Aquatic Resources Management, Faculty of Marine Science and Fisheries, Hasanuddin University, Indonesia

² Laboratory of Productivity and Water Quality Management, Faculty of Marine Science and Fisheries, Hasanuddin University, Indonesia

*e-mail: khusnul@gmail.com

ABSTRAK

Konsentrasi logam Timbel (Pb) di tubuh kerang laut merupakan persoalan yang perlu mendapatkan perhatian yang serius. Hal ini karena kerang dapat mengakumulasi logam yang masuk di dalam tubuhnya sampai pada batas yang belum mematikan kerang tapi dapat membahayakan manusia yang mengkonsumsinya. Penelitian tentang kandungan logam timbel pada kerang *Meretrix meretrix* dilakukan di perairan kecamatan Sanrobone, Kabupaten Takalar. Penelitian ini dilakukan dengan mengambil kerang sebanyak 300 ekor. Setelah itu kerang diukur morfometrik dan bobot kering dagingnya untuk keperluan analisis logam maupun pengukuran Indeks Kondisi (IK). Dari analisis logam didapatkan bahwa kandungan logam Pb di dalam daging kerang yaitu $0,084 \pm 0,073$ mg/kg BW (Bobot Kering). Bila dirujuk pada Badan Nasional Standarisasi Indonesia (BSNI 2009), maka kandungan logam Pb di dalam daging kerang belum melebihi batas yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Hasil analisis korelasi antara logam Pb, *Metal Shell Index* (MSI) dengan Indeks Kondisi menunjukkan bahwa nilai R dari hubungan itu adalah 0,32 dan 0,25. Dengan kata lain nilai korelasi keduanya sangat rendah.

Kata Kunci : logam timbel, *Meretrix meretrix*, Indeks Kondisi, Sanrobone Takalar

Pendahuluan

Perairan pantai di Indonesia dihuni oleh beranekaragam sumber daya hayati dari yang mempunyai nilai ekologis penting sampai yang memiliki nilai ekonomis penting. Kerang lamis atau yang mempunyai nama latin, *Meretrix meretrix* adalah salah kerang yang hidup di perairan Sanrobone, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Di Sanrobone kerang ini dikenal dengan nama kerang laccu. Di beberapa tempat di Indoensia kerang ini dikenal dengan nama kerang tahu, susu, dan ale-ale. Sebagaimana di wilayah lain seperti Teluk Jakarta, Teluk Banten, Tuban, Gresik, Pantai Timur Sumatera, Kalimantan, kerang ini menjadi sumber pangan dan pendapatan bagi penduduk di Sanrobone Takalar. Kerang laccu yang disampling di pasar Muara Angke, Jakarta mempunyai kandungan gizi yang baik untuk kesehatan manusia, seperti kandungan protein, mineral dan vitamin B12 (13.74 µg/100 g)(Nurjanah *et al.*, 2015)

Sebagaimana organisme pada kelas bivalve, kerang *Meretrix meretrix* hidup sedentari di perairan pantai dan menggunakan mantelnya untuk menyerap air yang ada di hadapannya atau yang dikenal dengan filter feeder. Sebagai hewan yang hidup sedentari dan filter feeder, kerang laccu dapat menyerap dan mengakumulasi bahan pencemar seperti logam Pb. Hal ini karena kerang mempunyai enzim detoksifikasi bahan xenobiotik yang lebih sedikit

dibandingkan organisme bertulang belakang seperti ikan. Keberadaan Pb di perairan salah satunya akibat gas buangan pemakaian bahan bakar pada perahu maupun kapal.

Kemampuan akumulasi yang tinggi dan detoksifikasi yang rendah terhadap bahan pencemar menjadikan kerang sebagai *sentinel organism* (binatang penjaga) yang ideal untuk kepentingan program praktis atau riset biomonitoring. Beberapa penelitian kandungan logam di dalam kerang laccu telah dilakukan di Indoensia (Sumiyani *et al.*, 2006; Sidi, 2005; Semuli, 2015). Rashid (2006) dalam penelitiannya menunjukkan adanya korelasi beberapa logam di dalam tubuh kerang dengan air dan sedimen yang menunjukkan kemungkinan kuatnya kerang *Meretrix* sp digunakan sebagai apa yang disebut dengan bio-indikator atau lebih tepatnya sebagai *sentinel organisms*. Akan tetapi Rashid (2006) belum mengelaborasi kemungkinan biomarker atau respon biologis terhadap bahan pencemar dari kerang *Meretrix* sp sebagai alat biomonitoring.

Tulisan ini akan mendeskripsikan hasil penelitian kandungan logam Pb dan Indeks Kondisi (IK) kerang *Meretrix meretrix* sebagai biomarker sederhana yang berbasis pada morfometriks kerang yang berpotensi sebagai alat biomonitoring logam di perairan laut. Di samping itu tulisan ini juga menginformasikan seberapa aman kerang laccu yang hidup di perairan Sanrobone Takalar untuk dikonsumsi manusia.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan kerang laccu di perairan Dusun Maccini Baji, Desa Ujung Baji, Kecamatan Sanrobone, Kabupaten Takalar (Lintang: 5°27'25.97"S, Bujur : 119°23'40.84"T)(Gambar 1) pada Bulan April 2016. Kerang yang dikumpulkan berukuran panjang 2,7 -5,7 cm dengan panjang rata $4,4 \pm 0,4$ sebanyak 300 ekor. Untuk keperluan analisis logam Timbel, kerang dikumpulkan menjadi 60 ekor, sehingga didapatkan 5 kumpulan daging kerang. Analisis logam Pb di dalam daging kerang dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel Kerang Laccu, *Meretrix* sp di perairan Dusun Maccini Baji.

Metal Shell Index (MSI)

Metal Shell Index (MSI) adalah formula untuk menentukan bioavailabilitas logam di dalam tubuh kerang. Formula ini menggambarkan bioavailabilitas logam yang lebih tepat dibandingkan dengan kandungan logam di dalam daging kerang. Hal ini karena dalam menentukan MSI dipertimbangkan keberadaan daging dan cangkang kerang sebagai faktor penentu. Di samping itu, MSI juga tidak dipengaruhi oleh musim, sehingga sebagai suatu parameter ia lebih stabil (Soto *et al.*, 2000). Rumus MSI yang digunakan dirujuk pada formula (Soto *et al.*, 1997) adalah sebagai berikut :

$$MSI = \frac{LD \times BDK}{BC}$$

Keterangan: MSI = Metal Shell Index (MSI)

LD = Logam di dalam daging ($\mu\text{g/g}$ Bobot Kering)

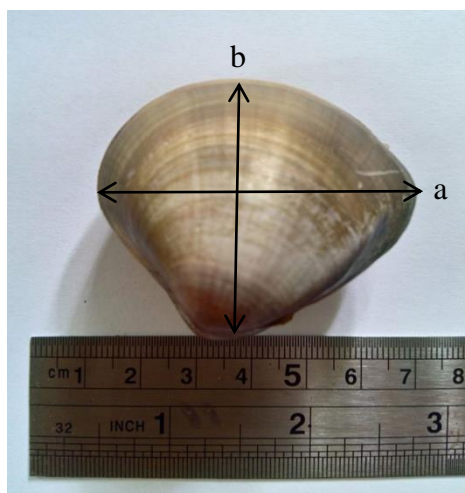
BDK = Bobot daging kering (g)

BC = Bobot kering cangkang (g)

Pengukuran Indeks Kondisi

Pengukuran Indeks Kondisi (IK) kerang dilakukan dengan menggunakan jangka sorong dan timbangan digital dengan rumus yang disarankan oleh (Lundebye *et al.*, 1997) :

$$IK = \text{Bobot kering daging} \times \left(\frac{1}{\text{Panjang}}\right) \times \left(\frac{\text{lebar}}{\text{tinggi}}\right)$$



Gambar 2. Kerang *Meretrix* sp. Huruf (a) adalah ukuran panjang kerang, (b) adalah ukuran tinggi kerang. Lebar cangkang diukur pada punggung cangkang satu ke punggung cangkang yang lain (ketelaban dua tangkup cangkang) (Gosling, 2008)

Analisis korelasi

Untuk mengetahui tingkat korelasi berbagai parameter digunakan uji korelasi dengan menggunakan software excell. Untuk menentukan kekuatan korelasi digunakan kriteria yang digunakan oleh (Fowler *et al.*, 2013) (Tabel 1).

Tabel 1. Kekuatan Korelasi.

Nilai koefisien R (positif atau negatif)	Makna
0,00 – 0,19	Korelasi sangat lemah
0,20-0,39	Korelasi lemah
0,40-0,69	Korelasi sedang
0,70-0,89	Korelasi kuat
0,90-1,00	Korelasi sangat kuat

Hasil dan Pembahasan

Hasil

1. Konsentrasi Pb dan *Metal Shell Index* (MSI)

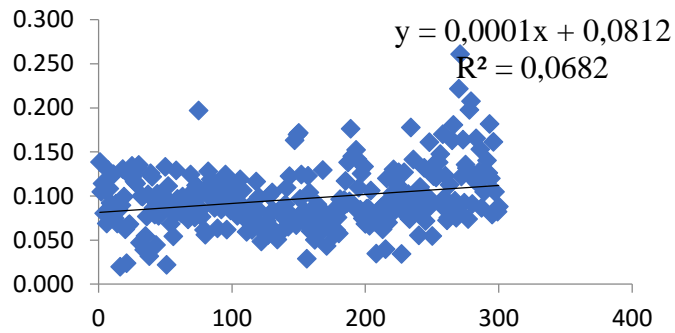
Rata-rata konsentrasi Pb di dalam kerang yaitu $0,083 \pm 0,07$ $\mu\text{g/g}$ bobot kering dan rata-rata MSI yaitu $0,003 \pm 0,0029$. Konsentrasi Pb di dalam kerang digunakan untuk mengetahui seberapa amankah kerang dapat dikonsumsi oleh manusia, sedangkan MSI digunakan untuk melihat bioavailabilitas logam di dalam tubuh kerang. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa rata-rata kandungan Pb di dalam daging kerang belum melebihi ambang batas yang dipersyaratkan untuk kesehatan manusia (BSNI, 2009) yaitu 1,5 mg/kg (setara dengan 1,5 $\mu\text{g/g}$ Bobot Kering).

Tabel 2. Konsentrasi Pb di dalam daging kerang dan *Metal Shell Index* (MSI)

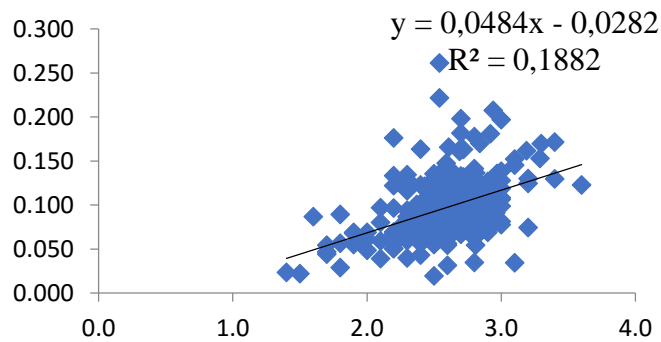
Pb ($\mu\text{g/g}$ Bobot Kering)	<i>Metal Shell Index</i> (MSI)
0,202	0,008
0,101	0,003
0,028	0,001
0,067	0,002
0,021	0,001

2. Korelasi antara IK dan Faktor Pembentuknya

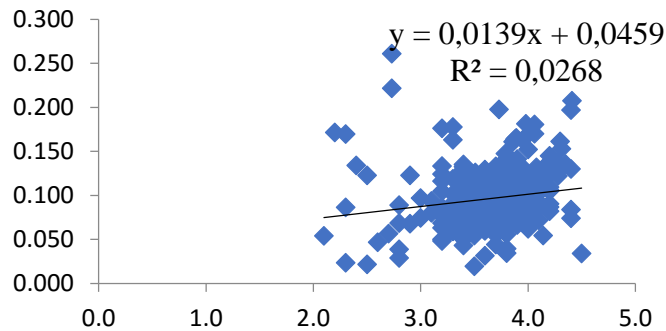
Uji korelasi antara IK dan Faktor pembentuknya seperti, panjang, lebar dan tinggi cangkang serta bobot daging kering dilakukan untuk mengetahui faktor apakah yang menjadi faktor yang paling kuat dalam mempengaruhi IK. Dari hasil uji korelasi diketahui bahwa bobot kering daging mempunyai nilai R yang lebih tinggi dibandingkan dengan lebar cangkang, panjang cangkang dan tinggi cangkang yang masing-masing nilainya adalah 0,89, 0,43, 0,26 dan 0,16 (Gambar 3,4,5, dan 6). Menurut (Fowler *et al.*, 2013) nilai kekuatan korelasi antara IK dan bobot kering daging yaitu kuat, sedangkan hubungan antara IK dan panjang, lebar, dan tinggi cangkang sedang sampai lemah.



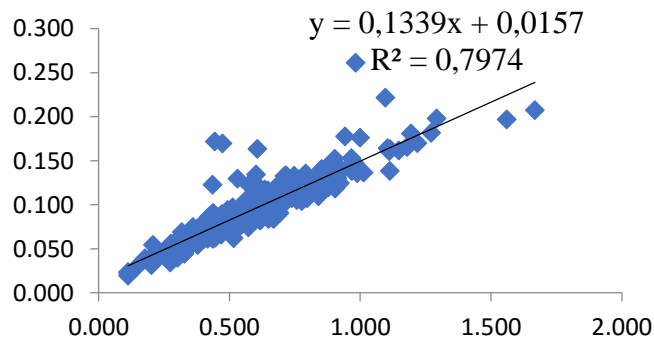
Gambar 3. Hubungan Panjang Cangkang dengan IK (Indeks Kondisi)



Gambar 4. Hubungan Lebar Cangkang dengan IK (Indeks Kondisi)

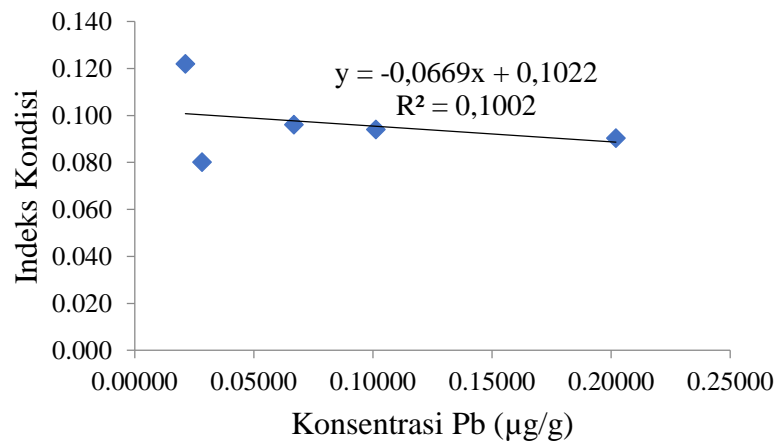


Gambar 5. Hubungan Tinggi Cangkang dengan IK (Indeks Kondisi)

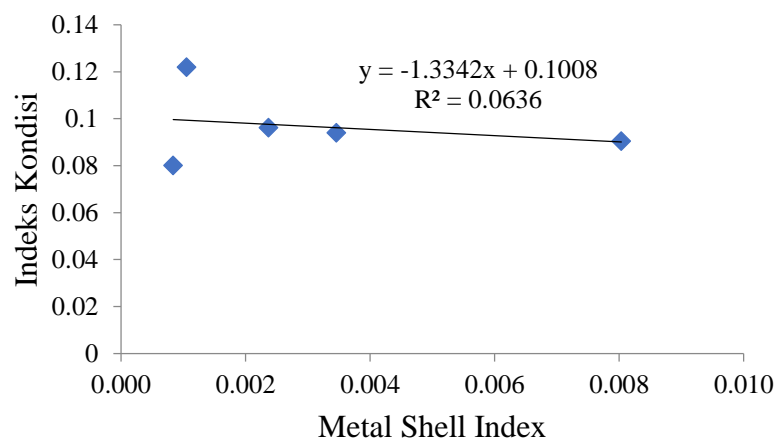


Gambar 6. Hubungan Berat Cangkang dengan IK (Indeks Kondisi)

3. Korelasi antara konsentrasi Pb dengan IK dan MSI



Gambar 7. Korelasi konsentrasi Pb dan IK (Indeks Kondisi)



Gambar 8. Korelasi *Metal Shell Index* dan IK (Indeks Kondisi)

Korelasi antara konsentrasi Pb, *Metal Shell Index* terhadap IK menunjukkan hasil korelasi yang lemah dengan nilai R masing-masing adalah 0,32 dan 0,25 (Fowler *et al.*, 2013).

Pembahasan

Kandungan logam seperti Timbel di dalam daging kerang mempunyai paling tidak dua makna dalam penelitian ekotoksikologi. Pertama adalah makna antroposentris, dengan meneliti kandungan timbel yang ada di dalam daging kerang kita akan mengetahui seberapa aman daging kerang dikonsumsi oleh manusia. Kedua adalah makna ekosentris, yaitu dengan meneliti kandungan logam di dalam kerang yang kemudian kita konversi ke dalam bentuk *Metal Shell Index*, kita akan mengetahui bioavailabilitas logam di dalam kerang. Data bioavailabilitas akan memberikan kita informasi seberapa besar logam yang terserap di dalam tubuh organisme atau biota air mempunyai kemungkinan untuk memberikan efek negatif kepada biota air.

Bila dirujuk pada standard kesehatan yang dibuat oleh Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSNI, 2009) maka kandungan Timbel di dalam kerang *Meretrix meretrix* yang hidup di perairan Sanrobone dengan rata-rata $0,083 \pm 0,07 \mu\text{g/g}$ Bobot Kering, masih aman untuk dikonsumsi. Batas yang dilarang adalah bila kandungan Timbel sudah melebihi nilai $1,5 \mu\text{g/g}$ (mg/kg). Di Malaysia Abdullah *et al.*, (2007) menemukan bahwa kandungan logam Pb di dalam kerang *Meretrix meretrix* yang hidup di perairan estuari Likas dan Kota Belud masing-masing yaitu $1,72 \pm 0,58 \mu\text{g/g}$ Bobot Kering dan $1,09 \pm 0,46 \mu\text{g/g}$ Bobot Kering. Di Teluk Arabia, Alyahya *et al.*, (2011) mendapatkan bahwa kandungan logam Pb di dalam daging kerang *Meretrix meretrix* di Al Korneesh, Al Morgan, Sehat, dan Teluk Tarut masing-masing sebesar $0,39 \pm 0,03$, $0,29 \pm 0,04$, $1,74 \pm 0,24$ dan $2,49 \pm 0,27 \mu\text{g/g}$ Bobot. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kandungan logam Pb di dalam kerang *Meretrix meretrix* yang hidup di perairan Sanrobone masih tergolong rendah bila dibandingkan dengan kerang yang hidup di perairan Malaysia dan di Teluk Arabia.

Kerang dengan kandungan timbel yang melebihi ambang batas dapat menyebabkan beberapa resiko kesehatan. WHO (2017) menyebutkan bahwa di dalam tubuh manusia, timbel dapat terdistribusi ke otak, hati, ginjal dan tulang. Timbel bisa juga di simpan di dalam gigi dan tulang lainnya jika sudah lama diakumulasi. Di dalam tulang, timbel akan dilepaskan ke dalam darah selama ibu hamil dan akan memengaruhi perkembangan janin. Timbel lebih berbahaya efeknya terhadap anak-anak bila dibandingkan dengan orang dewasa (Tong *et al.*, 2000; WHO, 2017).

LC₅₀ timbel untuk kerang hijau, *Perna viridis* yaitu $2,62 \text{ mg/l}$ (Hariharan *et al.*, 2014). Artinya pada dosis timbel di perairan sebesar $2,62 \text{ mg/l}$ dapat menyebabkan kematian 50% populasi kerang hijau. Toksisitas Pb terhadap larva kerang *Meretrix meretrix* telah diteliti oleh (Wang *et al.*, 2009). Mereka menemukan bahwa EC₅₀ dari Pb terhadap larva adalah $297 \mu\text{g l}^{-1}$. Sedangkan LC₅₀ Pb untuk larva dalam stadia bentuk D (*D-Shape*) adalah $353 \mu\text{g l}^{-1}$. Pertumbuhan larva kerang mengalami kemunduran jika larva dikontaminasi dengan Pb pada konsentrasi $197 \mu\text{g l}^{-1}$. Oleh karenanya Wang *et al.*, (2009) berkesimpulan bahwa larva *Meretrix meretrix* sensitif terhadap bahan pencemar logam sehingga dapat digunakan sebagai *sentinel organism* pada uji toksisitas di laboratorium.

Salah satu refleksi cara pengukuran pertumbuhan organisme kerang yang sering digunakan dalam penelitian ekotoksikologi adalah Indeks Kondisi. Gosling, (2008) menyebutkan bahwa IK adalah barometer tekanan lingkungan yang dialami oleh kerang sehingga dapat merefleksikan kondisi kesehatannya. Donaghy *et al.*, (2016) menemukan bahwa IK kerang *Mytilus gallaprovincialis* yang hidup di daerah yang tercemari dengan PAH (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*) lebih rendah dibandingkan dengan IK kerang yang hidup di daerah kontrol (tidak tercemar). Setahun kemudian dilakukan sampling dan peneliti mendapati bahwa tidak ada perbedaan nilai IK kerang yang hidup di daerah

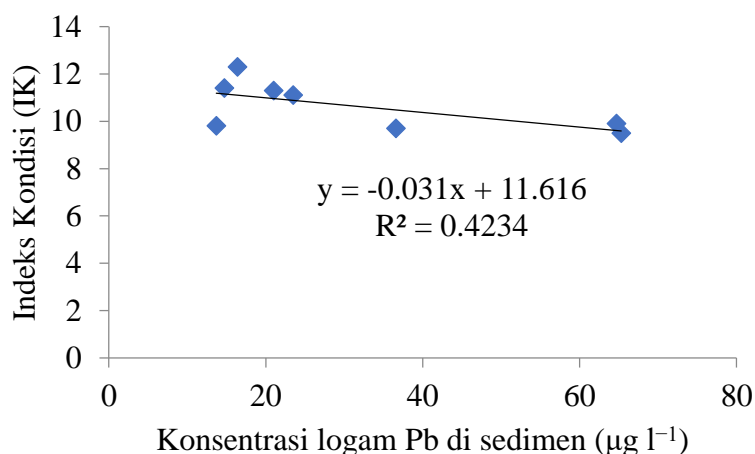
tercemar dan tidak tercemar (Donaghy *et al.*, 2016). Hal ini berarti pengaruh PAH sudah tidak ada lagi pada kerang dan kerang dapat memulihkan kesehatannya sehingga bertumbuh secara normal.

Data di atas menunjukkan bahwa IK *M. Gallaprovincialis* dapat digunakan sebagai biomarker untuk mendeteksi efek bahan pencemar PAH di lautan. Di teluk Beibu, Tiongkok Meng *et al.*, (2013) menggunakan kerang *Meretrix meretrix* sebagai *sentinel organism* untuk mengasesmen tingkat polusi perairan. Meng *et al.*, (2013) menggunakan beberapa biomarker termasuk IK. Akan tetapi sangat disayangkan peneliti tidak mengikutkan IK dalam rangkaian perhitungan apa yang disebut dengan Indeks IBR (*Integrated Biomarker Response*), bahkan peneliti menggolongkan IK sebagai faktor lingkungan yang setara dengan pH, salinitas dan suhu. Dengan menggunakan data kandungan Pb penelitian yang dilakukan Meng *et al.*, (2013) di setiap stasiun penelitian dan menghubungkannya dengan IK-nya, kami menemukan bahwa ada korelasi positif dan berkuatan sedang dengan nilai R 0,65 (Gambar 9) antara IK dan kandungan Pb di dalam sedimen. Inilah mungkin yang disinyalir oleh Blaise *et al.*, (2016) bahwa ketika perkembangan biomarker maupun penggunaannya menuju pada biomarker yang membutuhkan alat dan bahan yang canggih dan mahal, maka ada eviden di ekotoksikologi yang penting yang terabaikan seperti yang terjadi pada penelitian Meng *et al.*, (2013). Eviden itu adalah korelasi positif antara biomarker sederhana yaitu IK kerang dengan kandungan Pb dalam sedimen.

Penelitian kami sekarang ini menguatkan sinyalemen Blaise *et al.*, (2016) tentang kegunaan biomarker yang sederhana dalam penelitian ekotoksikologi. Pertama, dari data kita dapat mengetahui bahwa formula IK yang digunakan lebih berkorelasi dengan bobot kering daging dari pada parameter morfometrik yang lain seperti, panjang, tinggi dan lebar. Hal yang sama juga telah diamati oleh Sophia and Balasubramanian, (1992) yang menemukan bahwa perubahan IK pada kerang *Meretrix casta* yang digunakan dalam penelitian *in vivo* dan *in situ* berkaitan dengan perubahan bobot kering daging. Kedua, korelasi antara konsnetrasi Pb, *Metal Shell Index* terhadap IK menunjukkan hasil korelasi positif yang lemah dengan nilai R 0,32. Apa arti dari korelasi itu?

Pada kerang hijau, *Perna viridis*, Yap and Al-Barwani, (2012) mengobservasi bahwa IK kerang hijau yang hidup di daerah yang bersih lebih tinggi bila dibandingkan dengan kerang hijau yang hidup di daerah tercemar. Hal yang sama diobservasi oleh Meng *et al.*, (2013) pada kerang *Meretrix meretrix* di Teluk Beibu, Tiongkok bahwa kerang yang berada di daerah tercemar mempunyai nilai IK yang lebih rendah bila dibandingkan dengan kerang yang hidup di daerah yang bersih. Yaqin *et al.*, (2015) menemukan bahwa di perairan yang bersih korelasi antara IK kerang hijau dengan logam Pb berkorelasi positif, sedangkan kerang hijau yang hidup di daerah yang relatif tercemar sedang mempunyai hubungan yang cenderung negatif. Di perairan yang tercemar berat terdapat korelasi yang negatif dan kuat antara kandungan logam di dalam daging dengan IK (Yap *et al.*, 2002). Oleh karena itu dihipotesiskan oleh Yaqin *et al.*, (2015)

bahwa jika korelasi antara IK dan kandungan Logam Pb di dalam daging kerang positif dan kuat maka perairan di mana kerang hidup digolongkan sebagai perairan yang bersih. Sebaliknya, jika korelasi antara IK dan kandungan Logam Pb di dalam daging kerang negatif dan kuat maka perairan di mana kerang hidup digolongkan sebagai perairan yang tercemar. Selanjutnya jika korelasi antara IK dan kandungan Logam Pb di dalam daging kerang lemah maka perairan di mana kerang hidup digolongkan sebagai perairan yang tercemar sedang. Bila kita lihat data penelitian sekarang ini yang mana korelasi antara IK dan logam Pb negatif dan lemah, maka kita dapat menyebutkan berdasarkan hipotesis di atas bahwa perairan Sanrobone dimana kerang *Meretrix meretrix* hidup adalah perairan yang tercemar sedang. Terminologi tercemar sedang ini harus dilekatkan dengan kenyataan bahwa logam Pb yang ada di dalam daging kerang belum melebihi ambang batas yang diperbolehkan untuk dikonsumsi.



Gambar 9. Korelasi IK (Indeks Kondisi) kerang *Meretrix meretrix* yang hidup di Teluk Beibu, Tiongkok (Meng *et al.*, 2013).

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kandungan logam Pb di dalam daging kerang *Meretrix meretrix* masih aman dikonsumsi. Korelasi antara logam Pb dan IK adalah positif dan lemah, sehingga dapat disimpulkan perairan di mana kerang *Meretrix meretrix* hidup yaitu perairan Sanrobone adalah tercemar sedang dengan pengertian bahwa kandungan Pb yang masuk ke dalam daging belum membahayakan masyarakat yang mengkonsumsinya.

Saran

Perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam dan komprehensif untuk menyempurnakan hipotesis hubungan antara IK dan kandungan logam di dalam tubuh kerang yang dapat diproyeksikan untuk mengkategorisasi status pencemaran suatu perairan. Selanjutnya fakta empiris kategorisasi itu dijadikan sebagai bagian dari membangun biomarker Indeks Kondisi yang lebih valid.

Daftar Pustaka

- Abdullah, M., J. Sidi, and A. Z. Aris, 2007, Heavy Metals (Cd, Cu, Cr, Pb and Zn) in Meretrix meretrix Roding, Water and Sediments from Estuaries in Sabah, North Borneo.: International journal of environmental and science education, v. 2, no. 3, p. 69–74.
- Alyahya, H., A. H. El-Gendy, S. Al Farraj, and M. El-Hedeny, 2011, Evaluation of heavy metal pollution in the Arabian Gulf using the clam *Meretrix meretrix* Linnaeus, 1758: Water, Air, and Soil Pollution, v. 214, no. 1–4, p. 499–507, doi:10.1007/s11270-010-0441-x.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSNI), 2009, Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan: Jakarta, p. 25.
- Blaise, C., F. Gagné, and T. Burgeot, 2016, Three simple biomarkers useful in conducting water quality assessments with bivalve mollusks: Environmental Science and Pollution Research, p. 1–8.
- Donaghy, L., H.-K. Hong, M. Kim, H.-S. Park, and K.-S. Choi, 2016, Assessment of the fitness of the mussel *Mytilus galloprovincialis* two years after the Hebei Spirit oil spill: Marine Pollution Bulletin, v. 113, no. 1, p. 324–331.
- Fowler, J., L. Cohen, and P. Jarvis, 2013, Practical statistics for field biology: John Wiley & Sons.
- Gosling, E., 2008, Bivalve molluscs: biology, ecology and culture: John Wiley & Sons.
- Hariharan, G., R. Purvaja, and R. Ramesh, 2014, Toxic effects of lead on biochemical and histological alterations in green mussel (*Perna viridis*) induced by environmentally relevant concentrations.: Journal of toxicology and environmental health. Part A, v. 77, no. 5, p. 246–60, doi:10.1080/15287394.2013.861777.
- Lundebye, A.-K., W. J. Langston, and M. H. Depledge, 1997, Stress proteins and condition index as biomarkers of tributyltin exposure and effect in mussels: Ecotoxicology, v. 6, p. 127–136.
- Meng, F., Z. Wang, F. Cheng, X. Du, W. Fu, Q. Wang, X. Yi, Y. Li, and Y. Zhou, 2013, The assessment of environmental pollution along the coast of Beibu Gulf, northern South China Sea: An integrated biomarker approach in the clam *Meretrix meretrix*: Marine environmental research, v. 85, p. 64–75.
- Nurjanah, N., A. Abdullah, I. Yulianti, and T. Hidayat, 2015, Characteristics of Minerals and Vitamin B12 by Tiger Snails, Shellfish Snow, *Meretrix Meretrix*.
- Rashid, W. A., 2006, Logam berat dalam moluska meretrix meretrix dan potensinya sebagai penunjuk biologi: Universiti Malaysia Sabah.
- Semuli, M. I. A., 2015, Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Kerang Tahu *Meretrix meretrix* di Tanjung Bunga Makassar.
- Sidi, J., 2005, Kajian kepekatan logam berat (Cd, Cu, Cr, Pb dan Zn) dalam *Meretrix meretrix* Roding di estuari sungai Likas: Universiti Malaysia Sabah.
- Sophia, A. J. A., and T. Balasubramanian, 1992, Changes in the physical condition of *Meretrix casta* exposed to water-soluble fractions of refined and crude oil: Archives of Environmental Contamination and Toxicology, v. 22, no. 4, p. 471–474.
- Soto, M., M. P. Ireland, and I. Marigómez, 2000, Changes in mussel biometry on exposure to metals: implications in estimation of metal bioavailability in “Mussel-Watch” programmes: Science of the total environment, v. 247, no. 2, p. 175–187.
- Soto, M., M. P. Ireland, and I. Marigómez, 1997, The contribution of metal/shell-weight index in target-tissues to metal body burden in sentinel marine molluscs. 2. *Mytilus galloprovincialis*: Science of the total environment, v. 198, no. 2, p. 149–160.
- Sumiyani, R., S. Soediman, and A. Moesriati, 2006, Kadar Logam Berat Biota Pantai Kenjeran Surabaya Dibandingkan Biota dari Taman Nasional Baluran dan Pangerungan Madura.

- Tong, S., Y. E. von Schirnding, and T. Prapamontol, 2000, Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions: *Bulletin of the World Health Organization*, v. 78, no. 9, p. 1068–1077.
- Wang, Q., B. Liu, H. Yang, X. Wang, and Z. Lin, 2009, Toxicity of lead, cadmium and mercury on embryogenesis, survival, growth and metamorphosis of *Meretrix meretrix* larvae: *Ecotoxicology*, v. 18, no. 7, p. 829–837.
- WHO (World Health Organization), 2017, Lead poisoning and health: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/en/>>.
- Yap, C. K., and S. M. Al-Barwani, 2012, A comparative study of condition indices and heavy metals in *Perna viridis* populations at Sebatu and Muar, Peninsular Malaysia: *Sains Malaysiana*, v. 41, no. 9, p. 1063–1069.
- Yap, C. K., A. Ismail, and S. G. Tan, 2002, Condition index of green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) as a potential physiological indicator of ecotoxicological effects of heavy metals (Cd and Pb): *Malaysian Applied Biology*, v. 31, p. 37–45.
- Yaqin, K., L. Fachruddin, and N. . Rahim, 2015, Studi Kandungan Logam Timbal (Pb) Kerang Hijau, *Perna viridis* Terhadap Indeks Kondisinya: *Jurnal Lingkungan Indonesia*, v. 3, p. 309–317.