

## Efek Ukuran Panjang Cangkang terhadap Indeks Kondisi, dan Kandungan Logam Timbel Kerang Hijau (*Perna viridis*)

### Effects of Shell Length on the Condition Index, and Lead Content of Green Mussel (*Perna viridis*)

Khusnul Yaqin<sup>\*1</sup>, Liestiaty Fachruddin<sup>1</sup>, Fitriyani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Departemen Perikanan, FIKP, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 90245

<sup>2</sup>Laboratorium Produktivitas dan Pengelolaan Kualitas Air, FIKP, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea, Makassar 9024

\*e-mail korespondensi :khusnul@unhas.ac.id

Diserahkan: 12 Juli 2018; Diterima: 18 Oktober 2018

#### Abstrak

Indeks kondisi kerang adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur kesehatan kerang. Menariknya banyak peneliti memproduksi formula indeks kondisi yang berbeda antara satu dengan yang lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk menguji indeks kondisi kerang hijau, *Perna vidiris* dengan formula yang mana, yang paling tepat digunakan untuk mendeterminasi kesehatan kerang hijau. Kerang hijau dikumpulkan dari daerah yang tercemar, perairan Makassar dan di lokasi yang relatif tingkat pencemarannya ringan, yaitu perairan Mandalle, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep), Sulawesi Selatan sebanyak 400 ekor. Setelah itu kerang ditransfer ke laboratorium dengan menggunakan cool box. Beberapa parameter morfometri, bobot daging dan cangkang diukur untuk memenuhi 10 jenis formula indeks kondisi. Logam timbel (Pb) di dalam daging kerang dianalisis dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrotrophometer*). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa IK1-6 dan 9 penggunaannya dipengaruhi oleh ukuran panjang, sedangkan IK7 dan 8 penggunaannya tidak dipengaruhi oleh ukuran panjang. Rata-rata kandungan logam Pb di dalam daging kerang yaitu  $7,87 \pm 0,53$ . Nilai ini telah melebihi ambang batas konsumsi untuk biota kerang. Dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa IK8 adalah indeks kondisi yang paling praktis digunakan untuk monitoring lingkungan.

**Kata kunci:** Indeks Kondisi yang tepat, Perairan Makassar, toksisitas logam timbel, eco-sentinel organism, kesehatan kerang hijau.

#### Abstract

Condition Index (CI) of mussel is one of parameters used to analysis mussel health. Interestingly, many researchers produce different CI formula. This study was conducted to study the most appropriate CI formula to determine the health of green mussel, *Perna vidiris*. Four hundred of green mussel were collected from polluted (Makassar) and expected unpolluted (Mandalle, Pangkajene and Kepulauan/Pangkep) areas. Afterward, the mussels were tranfered using cool box to laboratory for further analysis. Some morphometry parameters, tissue and shell weigth were measured to fulfil 10 types of CI formula. Lead content of mussel's tissue was analyzed using AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). The result revealed that the use of CI1-6 and 9 were influenced by shell lenght. In contrast, the use of CI7 and 8 were not affected by shell length. The average of lead content in mussel's tissue was  $7.87 \pm 0.53$ . This value has exceeded the consumption threshold for shellfish biota. The results suggested that CI 8 is the most practical condition index used for environmental monitoring.

**Keywords :** Valuable condition index, Makassar waters, Toxicity of lead, Eco-sentinel organism, green mussel health

## 1. PENDAHULUAN

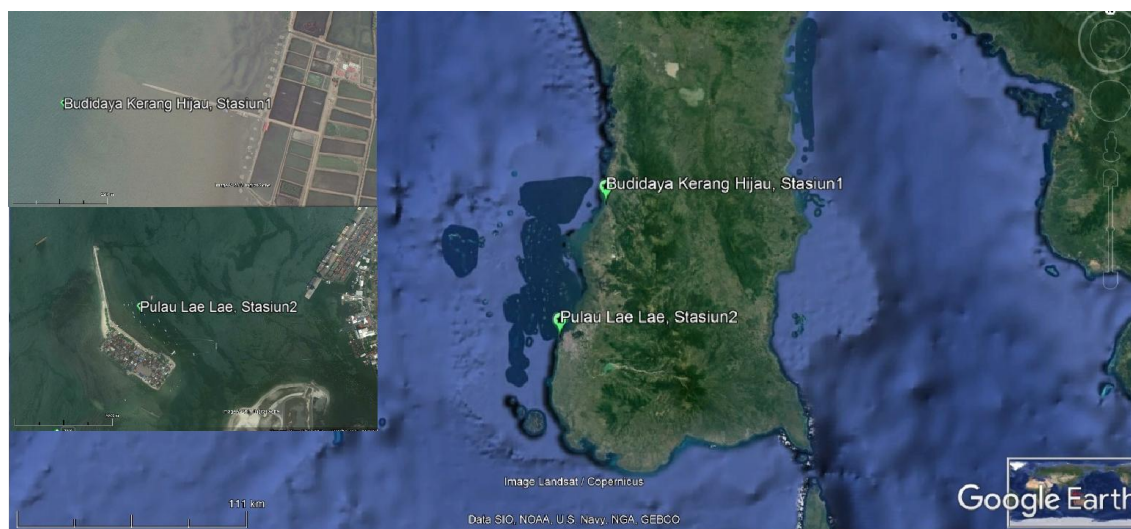
Kerang hijau, *Perna viridis*, seringkali dijadikan sebagai *sentinel organisms* dalam penelitian ekotoksikologi, karena keunikan beberapa karakteristik hidupnya. Kerang hijau hidup dengan melekatkan dirinya di substrat dengan menggunakan bisus, sehingga kerang hijau tidak bisa bergerak ke tempat lain untuk menghindari bahan pencemar yang masuk ke perairan di mana ia hidup. Di samping itu, kerang hijau adalah organisme *filter feeder* yang cara makannya dengan cara menyaring, sehingga apapun yang ada di depan “lubang” *inhalant* diserap masuk ke dalam tubuh. Di sisi lain enzim detoksifikasinya berjumlah relatif lebih sedikit dibandingkan dengan vertebrata, sehingga kurang mampu mengeluarkan zat racun di dalam tubuhnya dibandingkan dengan organisme vertebrata. Tiga karakter tadi sudah cukup untuk memberikan gambaran bahwa kerang adalah *sentinel organisms* yang ideal untuk keperluan biomonitoring, karena tiga karakter itu akan merepresentasikan keberadaan bahan pencemar yang disampling dengan tepat.

Karena kesesuaian kerang hijau sebagai *sentinel organisms*, maka spesies kerang ini digunakan dalam penelitian biomarker baik di laboratorium maupun di lapangan (Yap *et al.*, 2002; Yap, *et al.*, 2003; Yap, *et al.*, 2004; Wu and Wang, 2010; Chandurvelan *et al.*, 2012; Yaqin *et al.*, 2011; Putri *et al.*, 2012; Rist *et al.*, 2016). Akan tetapi penelitian-penelitian itu tidak mempertimbangkan ukuran panjang sebagai faktor yang dapat memengaruhi pertumbuhan, daya tahan terhadap tekanan lingkungan, dan kemampuan detoksifikasi bahan racun. Terdapat perbedaan laju filtrasi antara kerang hijau ukuran kecil dan besar. Laju filtrasi kerang hijau ukuran kecil (2.8–3.0 cm) lebih cepat dibandingkan kerang hijau yang berukuran lebih besar (6.8–7.0 cm) (Tantanasarit *et al.*, 2013). Data ini menunjukkan pula bahwa kemampuan kerang dalam menyerap bahan pencemar lebih besar pada kerang yang berukuran kecil dibandingkan dengan yang berukuran besar. Yap *et al.*, (2009) menemukan bahwa ukuran tubuh memengaruhi akumulasi bahan pencemar logam di dalam tubuh kerang, tetapi tidak mendeterminasi pada ukuran berapa kerang bagus digunakan sebagai *sentinel organism*. Selanjutnya Yaqin *et al.*, (2014) telah melakukan penelitian tentang hubungan antara kandungan logam timbel dan indeks kondisi sebagai biomarker morfologi. Hasilnya menunjukkan bahwa baik parameter ukuran panjang maupun indeks kondisi menunjukkan hubungan yang kuat dengan konsentrasi timbel (Pb) di dalam daging pada ukuran panjang antara 4-6 cm. Penelitian itu sangat berguna untuk

menentukan pada ukuran berapa kerang hijau paling tepat digunakan sebagai *sentinel organism* baik di lapangan maupun di laboratorium. Akan tetapi, penelitian itu baru merupakan prediksi statistik hubungan antara kandungan logam timbel dan ukuran panjang dan indeks kondisinya. Indeks kondisi yang digunakan untuk analisis juga hanya satu jenis indeks kondisi yaitu indeks kondisi yang digunakan oleh Lundebye *et al.*, (1997). Oleh karena itu, perlu pembuktian empiris dengan mengambil sampel kerang dari daerah tercemar dengan ukuran lebih besar dari kerang yang berasal dari daerah yang relatif tidak tercemar dengan menggunakan berbagai jenis formula indeks kondisi. Dengan cara itu kita akan mendapatkan formula mana yang dipengaruhi (sensitif) dan yang tidak dipengaruhi oleh ukuran panjang.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2018 di perairan Makassar ( $5^{\circ} 8'5.86''S$ ;  $119^{\circ}23'31.83''T$ ) dan Mandalle, Kabupaten Pangkajene Kepulauan (Pangkep) ( $4^{\circ}34'3.47''S$ ;  $119^{\circ}35'20.58''T$ ). Perairan Makassar adalah representasi perairan yang tercemar, karena banyak aktivitas antropogenik yang membuang limbahnya ke perairan Makassar. Sebaliknya perairan Mandalle, Pangkep adalah perairan dengan aktivitas antropogenik yang sedikit dan buangan limbahnya juga sedikit. Hanya ada nelayan budi daya rumput. Nelayan yang memunyai perahu bermotor hanya satu orang. Kerang dengan ukuran  $57,43 \pm 0,2916$  dan  $51,64 \pm 0,4003$  mm disampling masing-masing dari perairan Makassar dan Mandalle sebanyak 116 ekor. Kerang diangkut dengan menggunakan *cool box* ke Laboratorium Kualitas Air dan Pengelolaan Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan.



Gambar .1. Peta lokasi pengambilan sampel (Google Earth, 2018).

### 2.1. Preparasi sampel

Di laboratorium, kerang dibersihkan dari *biofouling* yang menempel di cangkang. Kerang dikelompokkan dalam lima kelompok ukuran panjang untuk kepentingan analisis korelasi. Berat total cangkang ditimbang dengan timbangan elektrik dengan nilai standar terkecil 0,01 gram. Setelah itu parameter morfologi seperti panjang, tinggi dan lebar cangkang diukur dengan *caliper* yang bernilai standar terkecil 1 mm. Daging dikeluarkan dari cangkang dan setelah itu baik daging dan cangkang ditimbang. Selanjutnya cangkang dan daging dibungkus dengan aluminium foil dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 80 °C selama 24 jam. Setelah kering, daging dan cangkang ditimbang untuk mengetahui bobot keringnya. Selanjutnya analisis timbel di dalam daging kerang dilakukan dengan menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

### 2.2. Indeks bioavailabilitas logam dalam kerang.

Indeks bioavailabilitas logam di dalam tubuh kerang dihitung dengan menggunakan rumus yang digunakan oleh (Fischer, 1983). Indeks ini dalam bahasa Inggris disebut *Metal/Shell-weight index*. Agak susah untuk menerjemahkan indeks tersebut ke dalam bahasa Indonesia. Oleh karena itu kami memberikan nama sesuai dengan manfaat dari index tersebut dalam merekam bioavailabilitas logam, yaitu Indeks Bioavailabilitas Logam dalam Kerang untuk logam timbel (IBLK-Pb). Rumus indeks itu sebagai berikut:

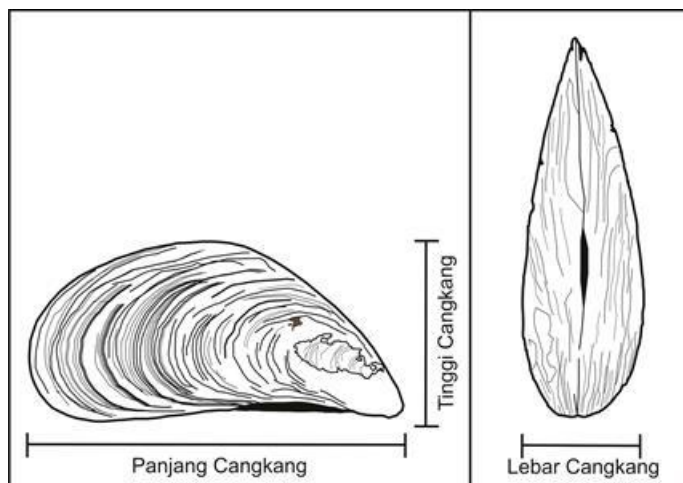
$$\text{IBLK - Pb} = \frac{\text{Konsentrasi logam daging} \left( \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) \times \text{Bobot Daging Kering (g)}}{\text{Bobot Cangkang Kering (g)}}$$

### 2.3. Pengukuran Indeks Kondisi (IK).

Dalam penelitian ini ada beberapa indeks kondisi yang diukur untuk menganalisis apakah perbedaan ukuran morfologi cangkang kerang berimplikasi pada nilai indeks kondisi. Indeks kondisi yang diukur yaitu :

- a. IK1. Berat daging kering (g) x 1000/volume internal cangkang (volume internal cangkang diukur dengan cara mengisi dua cangkang dengan air. Volume air diukur sebagai volume cangkang (Lundebye, 1997)
- b. IK2. Berat daging kering (g) x 1000/kapasitas ruang internal cangkang (ia diukur dengan cara mengurangi berat total kerang dengan berat kering cangkang) (Lundebye, 1997).

- c. IK3. Berat daging kering (g)/ (panjang x lebar/tinggi cangkang) (Lundebye, 1997).
- d. IK4. Berat daging kering (g)/ 1000/panjang cangkang (Lundebye, 1997)
- e. IK5. Berat daging kering (g)/berat kering cangkang x 100 (Freeman, 1974)
- f. IK6 ( $\text{g/cm}^3$ ) = Berat kering daging/volume cangkangx1000 (Yap dan Al Barwarni, 2012)
- g. IK7. Berat basah cangkang/volume luar (ia diukur dengan cara mengalikan konstanta 0,445 dengan panjang x lebar x tinggi)(Versteegh, 2012)
- h. IK8. Berat total kerang/ volume luar (Versteegh, 2012).
- i. IK9. Bobot kering cangkang/area permukaan cangkang (A).  $A = \text{Pangjang} (\text{Tinggi}^2 \times \text{Lebar}^2)^{0,5} \times 0,5 \pi$  (Reimer and Tedengren, 1996)
- j. IK10. Berat kering daging/berat kering Cangkang (Lucas and Beninger, 1985).



Gambar 2. Cara mengukur parameter morfologi kerang hijau, *Perna viridis* (Yaqin et al., 2015).

#### 2.4. Indeks Kebundaran Cangkang (IKC)

Indeks ini digunakan untuk melihat tingkat membundarnya cangkang kerang. Cangkang kerang hijau yang sehat adalah cangkang yang langsing dan memanjang. Semakin rendah nilai IKC, maka dikatakan semakin memundar cangkang kerang.. Untuk menghitung IKC digunakan rumus (Reimer and Tedengren, 1996) sebagai berikut:

$$\text{IKC} = 100\% \times (\text{Standard Deviasi}_{\text{populasi}} \text{ Panjang} \times \text{Tinggi} \times \text{Lebar}) / (\text{Rata-rata} \text{ Panjang} \times \text{Tinggi} \times \text{Lebar}).$$

## 2.5. Analisis Data

Sebelum dilakukan analisis perbandingan setiap data morfologi cangkang dan indeks kondisi antara kerang yang dikumpulkan dari Makassa dan Pangkep, terlebih dahulu dilakukan identifikasi pencilan data. Setelah itu data yang sudah bersih dari pencilan data (jika ada) dilakukan uji normalitas. Jika data berdistribusi normal, maka data diuji dengan uji T student untuk menganalisis perbedaan rata-ratanya. Akan tetapi, jika data tidak berdistribusi normal, maka akan dilakukan transformasi data. Uji normalitas dilakukan kembali untuk data yang sudah ditransformasi. Jika transformasi data tetap berdistribusi normal maka dilakukan uji T student terhadap data yang ditransformasi. Akan tetapi jika data yang sudah ditransformasi tidak berdistribusi normal maka dilakukan uji non parametrik dengan menggunakan ManWithney U.

Analisis korelasi antara kandungan logam Pb yang direfleksikan dalam Indeks Bioavailabilitas Logam dalam Kerang untuk logam timbel (IBLK-Pb) dianalisis dengan menggunakan analisis Pearson.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil

Hasil analisis logam timbel (Pb) pada daging kerang menunjukkan bahwa kerang hijau dari perairan Makassar mengandung logam Pb rata  $7,87 \pm 0,53$  (mg/kg/ Berat Kering), sedangkan kerang hijau dari perairan Mandalle, Pangkep tidak terdeteksi logam Pb di dalam dagingnya (Tabel 1). Keberadaan logam timbel di dalam daging kerang hijau yang hidup di perairan Makassar telah melebihi ambang batas konsumsi yang dikeluarkan oleh BPOM 2009 (Tabel 1.).

Indeks Bioavailabilitas Logam di dalam daging Kerang (IBLK) merupakan indeks yang stabil untuk menunjukkan keberadaan biologis (bioavailabilitas) logam pencemar (Soto et al., 2000) dan berkorelasi positif dengan efek negatif yang ditimbulkan oleh bahan pencemar (Marigomez & Ireland 1990). Rata-rata IBLK yaitu  $1,01 \pm 0,06$ .

Tabel 1. Data kandugan Pb pada kerang hijau yang hidudi perairan Makassar dan Pangkep

Lokasi Penelitian	Rata Kandungan Pb (mg/kg/ Berat Kering)	IBLK	Standar Baku (mg/kg Berat Kering)
Makassar	$7,87 \pm 0,53$	$1,01 \pm 0,06$	1,5
Pangkep	Tidak Terdeteksi		(BPOM tahun 2009 Nomor Hk.00.06.1.52.4011)

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan parameter morfologi (panjang, lebar dan tinggi) cangkang antara kerang yang disampling dari perairan Makassar dan perairan Mandalle (Pangkep) (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa kerang dari perairan Makassar yang disampling lebih besar dibandingkan dengan kerang yang hidup Mandalle. Kondisi ini sudah cocok untuk analisis berbagai IK yang digunakan dalam penelitian ini, untuk mengobrservasi jenis IK yang mana yang sensitif dengan ukuran dan yang tidak sensitif terhadap ukuran. Dari sepuluh jenis formula Indeks Kondisi (IK), hanya dua formula IK7 dan IK8 yang menunjukkan nilainya lebih besar pada kerang hijau yang hidup di perairan Mandalle dibandingkan dengan kerang hijau yang hidup di perairan Makassar. Pada IK9 tidak ada perbedaan yang signifikan antara IK kerang hijau dari Makassar dan Mandalle. Akan tetapi, tujuh IK yang lain menunjukkan bahwa IK kerang yang hidup di Makassar mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan dengan IK kerang hijau yang hidup di Mandalle.

Dari sisi Indeks Kebundaran Cangkang (IKC), kerang yang hidup di Makassar IKCnya lebih kecil (0,000547) dibandingkan dengan kerang yang hidup di perairan Mandalle (0,002441). Hal ini berarti kerang yang ada di Makassar lebih membulat dibandingkan kerang yang hidup di perairan Mandalle.

Tabel 2. Komparasi penggunaan berbagai jenis rumus Indeks Kondisi kerang hijau dari Makassar dan Pangkep. Sebelum dilakukan analisis data, dilakukan eliminasi outlier

Indeks Kondisi (Panjang, Lebar, Tinggi)	Lokasi		Signifikansi	Keterangan
	Makassar	Mandalle (Pangkep)		
1	106,6 ± 2,441, n=111	69,2 ± 2,893, n=116	<0,0001	Parametrik (Yang dibandingkan yaitu rata-rata)
2	75,1, n=101	45,94, n=116	<0,0001	Non-parametrik (Yang dibandingkan yaitu median)
3	0,02352 ± 0,0004759, n=115	0,01307 ± 0,0004789, n=115	<0,0001	Parametrik (Yang dibandingkan yaitu rata-rata)
4	0,05041 ± 0,001217, n=115	0,02157 ± 0,0007769, n=116	<0,0001	Parametrik (Yang dibandingkan yaitu rata-rata)
5	12,87 ± 0,1915, n=115	7,568 ± 0,2598, n=116	<0,0001	Parametrik (Yang dibandingkan yaitu rata-rata)
6	0,0283 ± 0,0004602, n=112	0,01878 ± 0,0008048, n=115	<0,0001	Parametrik (Yang dibandingkan yaitu rata-rata)

Indeks Kondisi (Panjang, Lebar, Tinggi)	Lokasi		Signifikansi	Keterangan
	Makassar	Mandalle (Pangkep)		
7	0,0005085, n=116	0,0005885, n=112	<0,0001	Non-parametrik (Yang dibandingkan yaitu median)
8	0,001348, n=114	0,001382, n=110	0,0021	Non-parametrik (Yang dibandingkan yaitu median)
9	0,002171, n=116	0,002118, n=115	0,3082	Non-parametrik (Yang dibandingkan yaitu median)
10	0,1287 ± 0,001915, n=115	0,07568 ± 0,002598, n=116	<0,0001	Parametrik (Yang dibandingkan yaitu rata-rata)
Panjang	57,43 ± 0,2916, n=116	51,64 ± 0,4003, n=115	<0,0001	Parametrik (Yang dibandingkan yaitu rata-rata)
Lebar	18,54, n=116	17, n=114	<0,0001	Non-parametrik (Yang dibandingkan yaitu median)
Tinggi	28,58, n=114	27,2, n=113	<0,0001	Non-parametrik (Yang dibandingkan yaitu median)

Tabel 3. Korelasi antara IK dan IBLK

IK	r	R <sup>2</sup>
1	0,6478	0,4197
2	0,7141	0,51
3	-0,8257	0,6817
4	0,08807	0,007756
5	0,1738	0,03022
6	-0,6899	0,476
7	-0,2608	0,068
8	-0,8303	0,6894
9	-0,4095	0,1677
10	0,1738	0,03022

Tabel 3 menunjukkan bahwa korelasi yang tererat adalah korelasi antara IK8 dan IBLK dengan nilai  $r = -0,8303$ . Hal ini berarti semakin tinggi konsentrasi logam Pb yang terdapat pada daging kerang maka semakin turun nilai IK-nya.



### 3.2. Pembahasan

Indeks Kondisi (IK) adalah parameter yang pada awalnya digunakan dalam bidang budidaya untuk mengukur pertumbuhan bioata dari famili bivalvia (Lucas and Beninger, 1985). Namun demikian seiring dengan perkembangannya IK yang mempunyai berbagai nama dan formula, seperti indeks kecembungan cangkang atau *Shell Thickness Index* (STI) digunakan untuk mendeteksi pengaruh bahan pencemar terhadap kerang. Alzieu *et al.* (1986) adalah orang yang pertama kali menemukan adanya pengaruh tributin (TBT) terhadap abnormalitas cangkang oyster. Untuk menganalisis abnormalitas cangkang kerang (Alzieu *et al.*, 1986) menggunakan istilah STI. Mereka mengukur STI dengan melihat adanya ruang penggelembungan pada cangkang oyster yang dibudidayakan di Teluk Archacon, Perancis. Oleh karena itu terminologi *thickness* lebih tepat diterjemahkan penggelembungan daripada dengan menggunakan terminologi ketebalan. Berbagai penelitian dilakukan untuk menganalisis pengaruh bahan pencemar terhadap STI bivalvia seperti oyster (Axiak *et al.*, 1995; Waldock *et al.*, 1996; Phelps and Page, 1997), dan kerang biru *Mytilus sp* (Page *et al.*, 1996; Soto *et al.*, 2000; Beyer *et al.*, 2017), kerang hijau *Perna viridis* (Yap *et al.*, 2009), *Megapitaria squalida* (Yee-Duarte *et al.*, 2018). Fischer, (1986) tidak menggunakan terminologi STI untuk melihat kesehatan kerang, tetapi dia menggunakan terminologi Indeks Kondisi dengan rumus yang berbeda. Fischer, (1986) menggunakan rumus perbandingan antara bobot daging kering dibagi dengan bobot kering total.

Pada kerang hijau yang hidup di Asia tenggara, Yaqin, (2004) menggunakan istilah STI yang diukur berdasarkan rasio panjang cangkang dan kecembungan cangkang (lebar) untuk melihat abnormalitas kerang di Teluk Jakarta dan yang hidup di perairan Cirebon. Di perairan Malaysia STI kerang hijau diteliti sangat intensif oleh beberapa kelompok peneliti (Yap *et al.*, 2002; Yap, *et al.*, 2003; Al-Barwani, *et al.*, 2007; Yap, *et al.*, 2008; Yap *et al.*, 2017).

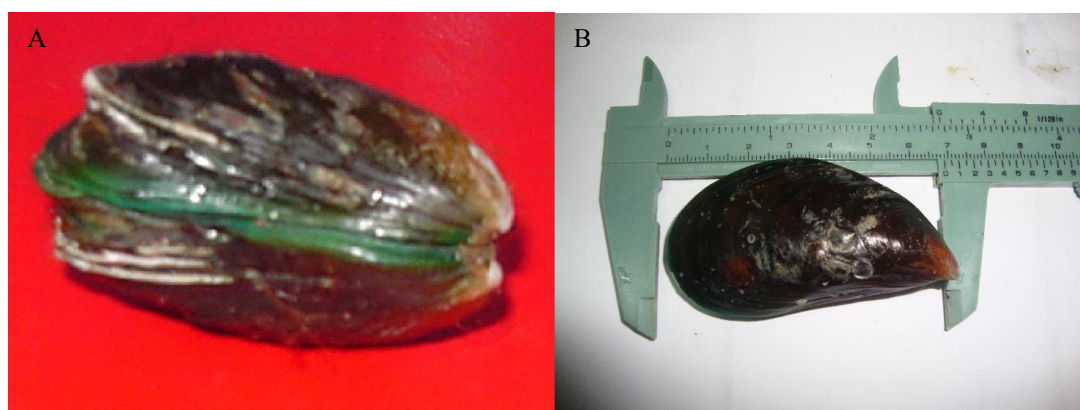
Dalam menggunakan terminologi IK atau juga STI, masing-masing peneliti menggunakan formula yang beda-beda yang sebagiannya dapat dilihat pada bab metode penelitian. Dari hasil analisis terhadap IK yang berbeda-beda tampak bahwa IK1-6 (Tabel 2) menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada daerah yang tercemar (Makassar) dibandingkan dengan yang tidak terdeteksi logam timbelnya (Mandalle). IK9 menunjukkan tidak ada perbedaan antara IK kerang yang hidup di Mandalle dan Makassar. Padahal secara teoritis dan sudah dibuktikan secara empiris oleh (Al-Barwani *et al.*, 2007) seharusnya IK kerang di daerah yang tercemar nilainya lebih

rendah dibandingkan daerah yang tidak tercemar. Mamon *et al.*, (2016) menggunakan IK6 sebagaimana yang digunakan oleh (Al-Barwani *et al.*, 2007) untuk melihat pengaruh bahan pencemar di Teluk Manila yang tinggi tingkat pencemaran logamnya (Mamon *et al.*, 2016). Mereka menemukan bahwa tidak ada perbedaan IK kerang hijau yang hidup di setiap stasiun pengamatan yang ada di Teluk Manila yang tercemar. Menurut Yap *et al.*, (2009) berdasarkan hasil penelitiannya bahwa keberadaan logam di dalam daging kerang hijau berbanding terbalik dengan IKnya. Hasil penelitian sekarang ini menunjukkan bahwa formula IK1-6 dan IK9 dipengaruhi atau sensitif terhadap ukuran panjang yang berbeda. Kendatipun demikian, diduga bahwa tingkat sensitifitas atau keterpengaruhannya terhadap ukuran panjang IK1-6 lebih tinggi dibandingkan dengan IK9. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa untuk menggunakan IK1-6 dan IK9 persyaratan kemiripan ukuran panjang menjadi syarat penting.

Nilai IK7 dan 8 lebih tinggi pada kerang yang hidup di perairan Mandalle dibandingkan dengan yang hidup di perairan Makassar. Jika dibandingkan dengan IK-1-6 dan IK9 hasil ini menunjukkan bahwa IK7 dan 8 dalam pengukurannya tidak dipengaruhi oleh ukuran panjang cangkang yang berimplikasi pada bobot daging dan cangkang. Secara praktis IK7 dan 8 lebih dapat diaplikasikan untuk kondisi yang tidak memungkinkan mendapatkan ukuran panjang cangkang kerang yang seragam atau mirip saat melakukan monitoring atau penelitian laboratorium dibandingkan dengan IK-6 dan IK9.

Yang manakah yang paling layak digunakan dalam menganalisis IK antara IK7 dan IK8 dalam kaitannya dengan pencemaran logam Pb? Jawaban dari pertanyaan itu dapat diketahui dengan melihat koefisien korelasi antara IK7 dan IK8 dengan IBLK. IBLK merupakan indeks logam di dalam tubuh kerang yang tidak dipengaruhi oleh musim dan faktor-faktor oseanografis yang lainnya, sehingga sangat disarankan oleh beberapa ahli (Fischer, 1983; Bourgoïn, 1990; Soto *et al.*, 1997) untuk digunakan sebagai penanda keberadaan logam di dalam tubuh kerang. Dari hasil analisis korelasi diketahui bahwa IK8 mempunyai korelasi negatif yang kuat dengan IBLK (Tabel 3). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan IK8 kita dapat mengetahui pengaruh buruk bahan pencemar yang terdapat di daging kerang terhadap kesehatan kerang. Korelasi itu menunjukkan bahwa kesehatan kerang hijau yang ada di Makassar semakin buruk dengan banyaknya logam Pb yang diserap yang bioavailable dalam mengganggu kesehatannya. Meskipun penelitian lebih lanjut dengan menggunakan jumlah sampel yang lebih besar perlu dilakukan untuk meningkatkan signifikansinya.

Kekurangsehatan kerang hijau yang ada di Makassar juga terdeteksi dengan Indeks Kebundaran Cangkang (IKC). Dari indeks itu diketahui bahwa cangkang kerang hijau yang hidup di perairan Makassar lebih membulat dibandingkan dengan cangkang kerang hijau yang hidup di perairan Mandalle. Kerang hijau yang sehat bentuknya langsing dan memanjang, sedangkan kerang yang kesehatannya terganggu cangkangnya cenderung membulat (Gambar 3). Pada tingkat pencemaran yang tinggi seperti yang terjadi di Teluk Jakarta deformitas atau malformasi cangkang kerang akan timbul (Yaqin, 2004; Cordova *et al.*, 2011). Hal ini menunjukkan bahwa IKC mendukung penggunaan IK dalam mendeterminasi kesehatan kerang hijau di suatu perairan.



Gambar 3. A. Kerang hijau yang mengalami deformitas, bentuknya membulat (Yaqin, 2004), B. Kerang hijau yang sehat.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan IK1-6 dan 9 untuk mengetahui IK kerang hijau dipengaruhi penggunaannya oleh ukuran panjang, sedangkan IK7 dan 8 tidak dipengaruhi oleh ukuran panjang. Rata-rata kandungan logam Pb di dalam daging kerang yaitu  $7,87 \pm 0,53$ . Nilai ini telah melebihi ambang batas konsumsi untuk biota kerang. Nilai rata-rata IBLK (Indeks Bioavailabilitas Logam di dalam daging Kerang) yaitu  $1,01 \pm 0,06$ . Korelasi antara IK8 dan IBLK mempunyai nilai koefisien korelasi tertinggi dibandingkan dengan IK yang lain yang menunjukkan kepraktisan penggunaan IK8 untuk kegiatan monitoring.

#### 5. SARAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data kandungan logam timbel yang dikumpulkan dari 116 kerang. Dari 116 kerang dibagi menjadi lima kelompok

sampel untuk analisis timbel. Dari lima kelompok ini terdapat satu kelompok sampel yang tidak terdeteksi logam timbelnya. Tentunya 5 atau 4 kelompok sampel kurang memadai untuk suatu analisis korelasi yang bagus. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dengan menambah ukuran sampel.

### PERSANTUNAN

Terima kasih diucapkan kepada nelayan di daerah Makassar dan Pangkep yang telah membantu dalam pengumpulan sampel. Terima kasih juga disampaikan kepada mahasiswa yang telah membantu dalam preparasi sampel.

### DAFTAR PUSTAKA

- Al-Barwani, S. M., Arshad, A., Amin, S. M. N. Japar, S. B. Siraj, S. S. & Yap, C. K. 2007. Population dynamics of the green mussel *Perna viridis* from the high spat-fall coastal water of Malacca, Peninsular Malaysia: Fisheries Research. 84 2:147–152, doi:10.1016/j.fishres.2006.10.021.
- Alzieu, C. L., Sanjuan, J. Deltreil, J. P. & Borel, M. 1986. Tin contamination in Arcachon Bay: effects on oyster shell anomalies: Marine Pollution Bulletin. 17:11: 494–498.
- Axiak, V., Sammut, M., Chircop, P., Vella, A. & Mintoff, B. 1995. Laboratory and field investigations on the effects of organotin (tributyltin) on the oyster, *Ostrea edulis*: Science of the Total Environment. 171(1–3): 117–120.
- Beyer, J., Green, N.W. Brooks, S. Allan, I. J. Ruus, A., Gomes T., Bråte, I. L. N., & Schøyen, M. 2017. Blue mussels (*Mytilus edulis* spp.) as sentinel organisms in coastal pollution monitoring: A review: Marine Environmental Research. 130:338–365.
- Bourgoin, B. P. 1990. *Mytilus edulis* shell as a bioindicator of lead pollution: Considerations on bioavailability and variability: Marine ecology progress series. Oldendorf, v. 61, no. 3, p. 253–262.
- Chandurvelan, R., Marsden, I. D. Gaw, S. & Glover, C. N. 2012, Impairment of green-lipped mussel (*Perna canaliculus*) physiology by waterborne cadmium: Relationship to tissue bioaccumulation and effect of exposure duration: Aquatic Toxicology. 124–125: 114–124, doi:10.1016/j.aquatox.2012.07.013.
- Cordova, M., Zamani, N. & Yulianda, F. 2011, Heavy metals accumulation and malformation of green mussel (*Perna viridis*) in Jakarta Bay, Indonesia: International Conference of Agricultural Engineering. 1–6.
- Fischer, H., 1983, Shell weight as an independent variable in relation to cadmium content of molluscs.: Marine ecology progress series. Oldendorf. 12 (1): 59–75.
- Fischer, H., 1986. Influence of temperature, salinity, and oxygen on the cadmium balance of mussels *Mytilus edulis*: Marine Ecology Progress Series. 32:265–278.
- Lucas, A., & Beninger, P. G. 1985. The use of physiological bivalve aquaculture condition indices in marine bivalve aquaculture: Aquaculture. 44:187–200.
- Lundebye, A.-K., Langston, W. J. & Depledge, M. H. 1997. Stress proteins and condition index as biomarkers of tributyltin exposure and effect in mussels: Ecotoxicology. 6:127–136.
- Mamon, M. A. C., Añano, J. A. P. Abanador, L. C. Agcaoili, G. J. T. Sagum, C. B. Pagliawan, R. L. H. Tapere, J. M. B. Agravante, J. B. M. Arevalo, J. H. G. &

- Minalang, A. J. A. 2016. Pollutant exposure in Manila Bay: Effects on the allometry and histological structures of *Perna viridis* (Linn.): Asian Pacific Journal of Reproduction. 5 (3): 240–246.
- Page, D. S., Dassanayake, T. M. & Gilfillan, E. S. 1996. Relationship between tissue concentrations of tributyltin and shell morphology in field populations of *Mytilus edulis*: Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 56 (3): 500–504.
- Phelps, H. L., & Page, D. S. 1997. Tributyltin biomonitoring in Portuguese estuaries with the Portuguese oyster (*Crassostrea angulata*): Environmental Technology. 18(12): 1269–1276.
- Putri, L. S. E., Prasetyo, A. D. & Arifin, Z. 2012. Green mussel (*Perna viridis* L.) as bioindicator of heavy metals pollution at Kamal estuary, Jakarta Bay, Indonesia: Journal of Environmental Research And Development. 6(3): 389–396.
- Reimer, O., & Tedengren, M. 1996. Phenotypical improvement of morphological defences in the mussel *Mytilus edulis* induced by exposure to the predator *Asterias rubens*: Oikos. 75: 383–390.
- Rist, S. E., Assidqi, K. Zamani, N. P., Appel, D., Perschke, M., Huhn, M. & Lenz, M. 2016. Suspended micro-sized PVC particles impair the performance and decrease survival in the Asian green mussel *Perna viridis*: Marine pollution bulletin. 111 (1): 213–220.
- Soto, M., Ireland, M. P. & Marigómez, I. 1997. The contribution of metal/shell-weight index in target-tissues to metal body burden in sentinel marine molluscs. 1. *Littorina littorea*: Science of the total environment. 198 (2): 135–147.
- Soto, M., Ireland, M. P. & Marigómez, I. 2000. Changes in mussel biometry on exposure to metals: implications in estimation of metal bioavailability in ‘Mussel-Watch’ programmes: Science of the total environment. 247 (2): 175–187.
- Tantanasarit, C., S. Babel, A. Englande, J. & Meksumpun, S. 2013. Influence of size and density on filtration rate modeling and nutrient uptake by green mussel (*Perna viridis*): Marine pollution bulletin. 68 (1–2): 38–45.
- Waldock, M. J., Thain, J. E. & Waite, M. E. 1996. An assessment of the value of shell thickening in *Crassostrea gigas* as an indicator of exposure to tributyltin. in Organotin: Springer, p. 219–237.
- Wu, H., & Wang, W. X. 2010. NMR-based metabolomic studies on the toxicological effects of cadmium and copper on green mussels *Perna viridis*: Aquatic Toxicology. 100 (4): 339–345, doi:10.1016/j.aquatox.2010.08.005.
- Yap, C. K., Ismail, A. & Tan, S. G. 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. 31: 37–45.
- Yap, C. K., Ismail, A. & Tan, S. G. 2003. Effects of Total Soft Tissue and Shell Thickness on the Accumulation of Heavy Metals ( Cd , Cu , Pb , and Zn ) in the Green-Lipped Mussel *Perna viridis*. 29(5): 323–327, doi:10.1023/A:1026313712052.
- Yap, C. K., Ismail, A. & Tan, S. G. 2003. Effect of body size on heavy metal contents and concentrations in green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) from Malaysian coastal waters: Pertanika Journal Science. &Technology. 17(1): 61–68.
- Yap, C. K., Ismail, A., Tan, S. G. & Omar, H. 2002. Occurrence of shell deformities in green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) collected from Malaysian coastal

- waters: Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 69 (6): 877–884, doi:10.1007/s00128-002-0141-3.
- Yap, C. K., Ismail, A., Tan, S. G. & Omar, H. 2003. Accumulation, depuration and distribution of cadmium and zinc in the green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) under laboratory conditions: Hydrobiologia. 498:151–160.
- Yap, C. K., Bakhtiari, A. R. & Cheng, W. H. 2017. Impacts of Marine Pollution and Toxicology: A Mussel Watch Experience in Peninsular Malaysia: Journal Aquatic Pollution Toxicology. 1(1):1-4.
- Yap, C. K., Ismail, K., & Tan, S. G., 2004, Biomonitoring of Heavy Metals in the West Coastal Waters of Peninsular Malaysia Using the Green-lipped Mussel *Perna viridis*: Present Status and What Next? Pertanika Journal of Tropical Agriculture Science. 27(2): 151–161.
- Yap, C.K., Ismail, A. & Tan, S. G., 2008. Effect of Body Size on Heavy Metal Contents and Concentrations in Green-Lipped Mussel *Perna viridis* (Linnaeus) from Malaysian Coastal Waters: Pertanika Journal of Science and Technology, v. 17, no. September, p. 61–68.
- Yaqin, K., 2004, Ada Kerang Abnormal di Teluk Jakarta: Jakarta, p. 4.
- Yaqin, K., Lay, B., Riani, E. & Masud, Z. 2011. Hot spot biomonitoring of marine pollution effects using cholinergic and immunity biomarkers of tropical green mussel (*Perna viridis*) of the Indonesian waters. Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences. 3(14):356-366.
- Yaqin, K., Fachruddin, L. & Rahim, N. 2015. Studi Kandungan Logam Timbal (Pb) Kerang Hijau, *Perna Viridis* Terhadap Indeks Kondisinya: Jurnal Lingkungan Indonesia. 3:309–317.
- Yaqin, K., Nursyamsiah, M. Umar, L. Fachruddin, and B. Bachtiar, 2014, Apakah variasi ukuran panjang cangkang memengaruhi konsentrasi logam timbal di dalam daging kerang hijau, *Perna viridis*?, in Prosiding Simposium Nasional I Kelatan dan Perikan. Fakultas Ilmu Kelautandan Perikanan, Universitas Hasanuddin Makassar: Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, p. 1–13.
- Yee-Duarte, J. A., Ceballos-Vázquez, B. P., Shumilin, E., Kidd, K., & Arellano-Martínez, M. (2018). Evidence of health impairment of *Megapitaria squalida* (Bivalvia: Veneridae) near the “hot spot” of a mining port, Gulf of California. Hidrobiológica. 27(3):391-398.