

ANALISIS ALLOMETRI DAN INDEKS FISIOLOGIS BULU BABI *Heliocidaris crassispina* (A. Agassiz, 1864) (CAMARODONTA, ECHINOMETRIDAE) DI RATAAN TERUMBU TONGKEINA DAN MALALAYANG DUA, MANADO, SULAWESI UTARA¹

Allometry Analysis and Physiological Index of Sea Urchin *Heliocidaris crassispina* (A. Agassiz, 1864) (Camarodonta, Echinometridae) on the Reef Flat in Tongkeina and Malalayang Dua, Manado, Sulawesi

Muhammad S. Hasi², Lawrence J. L. Lumingas³, Anneke V. Lohoo³

ABSTRACT

The purpose of this study was to analysis the structure of the size, morphometry (test diameter-high relationship, test diameter-weight relationship) as well as gonad indices, intestine indices, and Aristotle lantern indices of *Heliocidaris crassispina* in two different habitats, Malalayang Dua and Tongkeina. At each habitat, free sampling on the reef flat have be done one time for approximately two hours at the lowest tide. The abundance of individuals *H. crassispina* in Malalayang Dua was much lower than in Tongkeina. The means diameter of sea urchins test were not significantly different between habitats. The comparison of regression lines of both diameter-high and diameter-weight relationships were not differ significantly between habitats. Its morphometry reveal an isometric relationship of high-diameter (slope = 1) in both habitats, while the relationship of weight-diameter reveals a negative allometric growth (slope < 3) in Tongkeina but isometric growth in Malalayang Dua. The gonad index in Malalayang Dua was higher than in Tongkeina. The intestine index in Tongkeina was higher than in Malalayang Dua. The lantera index in Tongkeina was higher than in Malalayang Dua. The difference in abundance of sea urchins and the acquisition of the energetic value of food presumably serve as the factors affecting the differences of these indices and its weight growth pattern.

Keywords: *Heliocidaris crassispina*, allometry analysis, physiological index

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis struktur ukuran, morfometri (hubungan diameter-tinggi cangkang, hubungan diameter-berat) serta indeks gonad, indeks usus, dan indeks lentera Aristoteles dari *Heliocidaris crassispina* di dua habitat yang berbeda, Malalayang Dua dan Tongkeina. Pada setiap habitat, sampling bebas di rataan terumbu telah dilakukan satu kali selama kurang lebih dua jam pada saat pasang terendah. Kelimpahan individu *H. crassispina* di Malalayang Dua jauh lebih rendah daripada di Tongkeina. Diameter rata-rata cangkang bulu babi tidak berbeda nyata antara habitat. Perbandingan garis regresi hubungan diameter-tinggi dan diameter-berat tidak berbeda secara signifikan antara habitat. Analisis morfometri menunjukkan hubungan isometrik tinggi-diameter (slope = 1) di kedua habitat, sedangkan hubungan berat-diameter menunjukkan pertumbuhan alometrik negatif (kemiringan <3) di Tongkeina tetapi di Malalayang Dua menunjukkan pertumbuhan isometrik. Indeks gonad di Malalayang Dua lebih tinggi daripada di Tongkeina. Indeks usus di Tongkeina lebih tinggi daripada di Malalayang Dua. Indeks lantera di Tongkeina lebih tinggi daripada di Malalayang Dua. Perbedaan kelimpahan bulu babi dan perolehan nilai energik makanan diduga berperan

sebagai faktor yang mempengaruhi perbedaan indeks ini dan pola pertumbuhan beratnya.

Kata kunci: *Heliocidaris crassispina*, analisis allometri, indeks fisiologis

¹Bagian dari Skripsi

²Mahasiswa Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan FPIK-UNSRAT

³Staf Pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNSRAT

PENDAHULUAN

Lautan mencakup lebih dari dua pertiga dari luas permukaan bumi serta menyimpan keanekaragaman hayati yang sangat besar sehingga lautan sangat penting untuk ketahanan pangan global dan kesejahteraan umat manusia. Salah satu kegunaan dan nilai ekonomi keanekaragaman hayati laut adalah sumberdaya ikan. Sampai saat ini perikanan merupakan sumber penting makanan, gizi, pendapatan dan mata-pencaharian untuk ratusan juta orang di seluruh dunia (FAO, 2016a, 2016b). Lebih dari tiga milyar orang di seluruh dunia bergantung pada layanan dari keanekaragaman hayati laut dan pesisir untuk mata pencaharian mereka. Oleh karenanya mempertahankan ekosistem laut yang sehat dan produktif merupakan hal yang penting untuk mencapai pembangunan yang berkelanjutan (European Union and European Academics Science Advisory Council, 2016). Indonesia, yang merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, menyimpan keanekaragaman hayati lautan yang sangat tinggi. Tingginya keanekaragaman hayati laut Indonesia dapat merefleksikan potensi ekonomi perairan pesisir dan laut tersebut, dalam arti bahwa semakin tinggi keanekaragaman hayati yang terkandung, semakin besar potensi (Dahuri, 2003).

Salah satu kekayaan keanekaragaman hayati laut Indonesia yang berpotensi dimanfaatkan sebagai komoditas sumberdaya perikanan adalah bulu babi. Di antara avertebrata

bentik, bulu babi telah dianggap sebagai sumberdaya hayati laut baru bernilai tinggi di Asia (Parvez *et al.*, 2016). Bulu babi telah dikonsumsi manusia sejak zaman purbakala (Le Direac'h, 1987). Gonad bulu babi, baik betina maupun jantan, yang dikenal dengan istilah "roe" merupakan bagian yang dapat dimakan (edible portion) (Agatsuma, 2013) dan merupakan kuliner yang lezat di berbagai bagian dunia (Lawrence, 2007). Gonad bulu babi telah digunakan sebagai makanan mewah dan obat tradisional oleh penduduk di beberapa negara karena gonad bulu babi sangat kaya dengan protein penting, lipid dan senyawa bioaktif yang sangat penting baik sebagai bahan nutrasitikal maupun farmasitikal (Shang *et al.*, 2014; Parvez *et al.*, 2016).

Heliocidaris crassispina merupakan salah satu jenis bulu babi spesies Indo-Pasifik yang mempunyai daerah sebaran yang sempit terutama di selatan Jepang dan di Cina (Clark dan Rowe, 1971). Spesies ini sebenarnya telah banyak diteliti di Jepang, Korea Selatan dan Cina sebagai *Anthocidaris crassispina*, tetapi studi terbaru yang didasarkan pada bukti genetik menyatakan bahwa *Anthocidaris* adalah suatu sinonim muda dari *Heliocidaris* (Hart, *et al.* 2011; Agatsuma, 2013; Kroh, 2014; Jung, *et al.* 2015).

Walaupun spesies ini terdapat juga di perairan dangkal Sulawesi Utara bahkan di sekitar Teluk Manado, tetapi informasi ilmiah khususnya mengenai aspek bio-ekologisnya masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk

meneliti beberapa aspek bio-ekologisnya, khususnya yang berhubungan dengan struktur ukuran, morfometri (hubungan diameter-tinggi cangkang dan hubungan diameter-berat total cangkang) serta indeks-indeks fisiologis (*sensu* Regis, 1979) seperti indeks gonadik, indeks usus, dan indeks lantera Aristotel *H. crassispina* di Teluk Manado (Malalayang Dua dan Tongkeina).

MATERIAL DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Teluk Manado (Gambar 1) yakni pada zona intertidal di pesisir Kelurahan Malalayang Dua dan Kelurahan Tongkeina Manado (Sulawesi Utara) berturut-turut pada tanggal 25 Februari 2016 dan 9 Maret 2016. Sampel bulu babi *Heliocidaris crassispina* diambil pada saat air sedang surut di siang hari selama kurang lebih 2 jam untuk setiap stasiun sampling. Semua individu *H. crassispina* yang ditemukan diambil dengan tangan dan dimasukkan dalam ember yang berisi alkohol 70 %.

Di Laboratorium Hidrobioekologi FPIK Universitas Sam Ratulangi, setiap individu sampel diberi label dan diukur diameter cangkang serta tinggi cangkang dengan menggunakan kaliper vernier digital berketelitian 0,01 mm. Sampel yang telah diukur diameter serta tinggi cangkangnya, dibedah dengan menggunakan gunting, dipisahkan gonad, usus dan lantera dari cangkangnya kemudian masing-masing bagian diberi label dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C selama 24 jam. Setelah pengeringan, masing-masing bagian tersebut ditimbang dengan timbangan digital berketelitian 0,001 g. Indeks gonadik (IG) (dalam %) merupakan rasio berat kering gonad (Bg) dan berat kering cangkang (B) kali 100; indeks usus (IU) (dalam %) merupakan rasio berat kering usus (Bu) dan B; indeks lantera (IL) (dalam %)

merupakan rasio berat kering lantera (Bl) dan B.

Untuk membandingkan rata-rata diameter, IG, IU, dan IL cangkang *H. crassispina* antara sampel Malalayang Dua dan Tongkeina digunakan uji-*t* dengan asumsi kesamaan varians jika uji-*F* untuk membandingkan standar deviasi kedua sampel menghasilkan nilai-*P* yang lebih besar dari 0,05; dalam hal sebaliknya akan digunakan uji-*t* modifikasi yang tidak mengasumsikan kesamaan varians (Scherrer, 1984; Zar, 2010). Untuk membandingkan rata-rata dua sampel tersebut digunakan program statistika Statgraphics Centurion XVI.

Untuk menganalisis hubungan diameter-tinggi cangkang serta hubungan diameter-berat total cangkang *H. crassispina* digunakan persamaan allometri menurut Huxley (1932):

$$y = a x^b,$$

di mana konstanta *a* (indeks 'origin') adalah nilai *y* ketika *x* = 1, *b* adalah kemiringan kurva (koefisien pertumbuhan relative), *y* adalah variable acak dependen (tidak bebas) berupa tinggi cangkang (mm) atau berat total cangkang (g) sedangkan *x* adalah variable acak independen yakni diameter cangkang (mm). Berat total cangkang merupakan berat kering cangkang termasuk lantera. Nilai *a* dan *b* diduga dengan teknik jumlah kuadrat terkecil setelah linearisasi dengan transformasi logaritmik kedua variable acak tersebut di atas dengan menggunakan program statistika Statgraphics Centurion XVI. Nilai *b* diuji apakah sama (isometri) atau berbeda (allometri) dengan nilai *b* teoritis ($b_{th} = 1$ untuk hubungan diameter-tinggi cangkang atau nilai $b_{th} = 3$ untuk hubungan diameter-berat total cangkang dengan menggunakan uji-*t* = $(b_{th} - b) / s_b$, di mana s_b adalah standar eror dari *b*. Untuk membandingkan hubungan-hubungan regresi antara sampel Tongkeina dan Malalayang Dua

digunakan analisis kovarian (Scherrer, 1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelimpahan bulu babi *Heliocidaris crassispina* di rataan terumbu Tongkeina (49 individu) lebih tinggi dibanding yang terdapat di rataan terumbu Malalayang Dua (11 individu). Lebar rataan terumbu di Tongkeina sekitar 200 m sedangkan di Malalayang Dua tidak lebih dari 100 m. Rataan terumbu Tongkeina, yang masih merupakan bagian dari kawasan Taman Nasional Bunaken, banyak terdapat lamun maupun alga terutama di bagian tengah rataan yang tetap tergenang air ketika surut terendah. Di habitat ini, selain banyak terdapat *H. crassispina*, juga banyak dihuni bulu babi *Diadema savignyi*, *Echinometra mathaei* dan *Tripneustes gratilla*. Kondisi substrat di rataan terumbu Malalayang Dua relatif miskin tumbuhan air tetapi masih terdapat beberapa karang hidup di bagian yang tergenang air.

Histogram diameter cangkang *H. crassispina* di rataan terumbu Tongkeina dan Malalayang Dua dapat dilihat pada Gambar 2. Di Tongkeina, ukuran diameter individu terkecil dari sampel *H. crassispina* adalah 43,04 mm dan yang terbesar adalah 68,28 mm dengan diameter rata-rata adalah 54,152 mm dan standar deviasi sebesar 5,554 mm; sedangkan di Malalayang Dua, ukuran terkecil adalah 31,95 mm dan yang terbesar adalah 62,38 mm dengan diameter rata-rata adalah 49,956 mm dan standar deviasi sebesar 8,511 mm. Tidak terdapat perbedaan yang nyata antara diameter rata-rata populasi *H. crassispina* Tongkeina dan populasi Malalayang Dua ($t = 1,5625$; nilai- $P = 0,1442$). Kesamaan diameter rata-rata kedua sampel bulu babi tersebut dapat juga disimpulkan dari tumpang-tindihnya selang kepercayaan 95 % untuk rata-rata diameter cangkang populasi

Tongkeina (52,557-55,747 mm) dengan populasi Malalayang Dua (44,238-55,673 mm) yang melewati rata-rata diameter salah satu di antaranya.

Hubungan antara tinggi dan diameter cangkang sering menggambarkan variasi bentuk cangkang selama pertumbuhan (Lumingas, 1994). Hasil pengepasan data pengamatan dengan model multiplikatif (perpangkatan) yang menggambarkan hubungan antara tinggi dan diameter cangkang di rataan terumbu Tongkeina dan Malalayang Dua terlihat mendekati garis lurus (Gambar 3).

Persamaan regresi yang menggambarkan hubungan antara variable tinggi cangkang dan diameter cangkang *H. crassispina* di kedua lokasi sampling adalah sebagai berikut: untuk sampel Tongkeina, $T = 0,76315 D^{0,92734}$ atau dalam bentuk linearnya $\ln(T) = 0,270302 + 0,92734 \ln(D)$; untuk sampel Malalayang Dua, $T = 1,19472 D^{0,80657}$ atau dalam bentuk linearnya $\ln(T) = 0,17792 + 0,80677 \ln(D)$. Karena nilai- P dalam tabel ANOVA adalah lebih kecil 0,05 baik untuk sampel Tongkeina ($F_{hit}=78,13 > F_{0,05}=4,06$) maupun sampel Malalayang Dua ($F_{hit}=30,90 > F_{0,05}=5,12$), maka terdapat hubungan yang nyata secara statistik antara T dan D pada kedua stasiun tersebut pada tingkat kepercayaan 95 %.

Statistik R^2 mengindikasikan bahwa model yang dicocokkan tersebut menjelaskan masing-masing 62,44 % (untuk Tongkeina) dan 77,44 % (untuk Malalayang Dua) variabilitas dalam tinggi cangkang, atau dengan kata lain, masing-masing 62,44 % dan 77,44 % variasi T disebabkan oleh variabel D untuk populasi Tongkeina dan populasi Malalayang Dua berturut-turut. Besarnya koefisien korelasi adalah 0,79 untuk populasi Tongkeina dan 0,88 untuk populasi Malalayang Dua, menyatakan keeratan hubungan yang sedang ('moderately strong

relationship') antara kedua variabel tersebut di atas.

Dalam analisis kovarians (ANCOVA) untuk membandingkan garis regresi linear (hubungan $\ln D - \ln T$) kedua populasi *H. crassispina* di atas menunjukkan bahwa nilai F -hit untuk variasi kemiringan (0,5186) lebih kecil dari nilai $F_{0,05}$ (5,29). Ini berarti bahwa hipotesis kesamaan kemiringan regresi antara kedua populasi ($\beta_1 = \beta_2$) diterima. Demikian juga bahwa nilai F -hit untuk variasi intersep (1,0124) lebih kecil dari nilai $F_{0,05}$ (5,29). Ini berarti bahwa hipotesis kesamaan intersep antara kedua populasi ($\alpha_1 = \alpha_2$) diterima. Jadi kedua regresi hubungan $\ln D - \ln T$ populasi Tongkeina dan populasi Malalayang Dua adalah identik.

Demikian juga, uji- t untuk menguji apakah nilai $b = 0,927341$ populasi Tongkeina sama atau lebih kecil nilai teoritis $b_{th} = 1$, $s_b = 0,104911$, diperoleh $t_{hit} = (1-b)/s_b = 0,693$. Nilai t -hitung ini adalah lebih kecil nilai $t_{0,05}$ (2,015) sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai b tidak berbeda dengan nilai teoritis $b_{th} = 1$ atau hubungan kedua variabel tersebut adalah isometri. Uji- t untuk menguji apakah nilai $b = 0,806565$ populasi Malalayang Dua sama atau < nilai teoritis $b_{th} = 1$, $s_b = 0,145102$, diperoleh $t_{hit} = (1-b)/s_b = 1,333$. Nilai t -hitung ini adalah < nilai t tabel ($t_{0,05} = 2,263$) sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai b tidak berbeda dengan nilai teoritis $b_{th} = 1$ atau hubungan kedua variabel tersebut adalah isometri. Dengan kata lain pertumbuhan tinggi cangkang seiring atau proporsional dengan pertumbuhan diameter cangkang. Dalam hal ini, bentuk cangkang bulu babi *H. crassispina* di Tongkeina dan di Malalayang Dua tidak berubah sepanjang hidupnya.

Hasil pengepasan data pengamatan dengan model multiplikatif (perpangkatan) yang menggambarkan hubungan antara berat kering cangkang dan diameter cangkang di rataan terumbu Tongkeina dan

Malalayang Dua terlihat mendekati garis lurus (Gambar 4). Persamaan regresi yang menggambarkan hubungan antara variabel berat cangkang (B) dan diameter cangkang (D) *H. crassispina* di kedua lokasi sampling adalah sebagai berikut: untuk sampel Tongkeina, $B = 0,004401 D^{2,20501}$ atau dalam bentuk linearnya $\ln(B) = -5,42601 + 2,20501 \ln(D)$; untuk sampel Malalayang Dua, $B = 0,001309 D^{2,52956}$ atau dalam bentuk linearnya $\ln(B) = -6,63845 + 2,52956 \ln(D)$. Karena nilai- P dalam tabel ANOVA adalah lebih kecil 0,05 baik untuk sampel Tongkeina ($F_{hit}=98,81 > F_{0,05}=4,06$) maupun sampel Malalayang Dua ($F_{hit}=61,39 > F_{0,05}=5,12$), maka terdapat hubungan yang nyata secara statistik antara B dan D pada kedua stasiun tersebut pada tingkat kepercayaan 95 %. Statistik.

Statistik R^2 mengindikasikan bahwa model yang dicocokkan tersebut menjelaskan masing-masing 67,77 % (untuk Tongkeina) dan 87,21 % (untuk Malalayang Dua) variabilitas dalam berat cangkang, atau dengan kata lain, masing-masing 67,77 % dan 87,21 % variasi B disebabkan oleh variabel D untuk populasi Tongkeina dan populasi Malalayang Dua berturut-turut. Besarnya koefisien korelasi adalah 0,82 untuk populasi Tongkeina dan 0,93 untuk populasi Malalayang Dua, menyatakan keeratan hubungan kedua variabel yang sedang untuk populasi Tongkeina dan relatif kuat untuk populasi Malalayang Dua.

Dalam analisis kovarians (ANCOVA) untuk membandingkan garis regresi linear (hubungan $\ln D - \ln B$) kedua populasi *H. crassispina* di atas menunjukkan bahwa nilai F -hit untuk variasi kemiringan (0,8156) lebih kecil dari nilai $F_{0,05}$ (5,29). Ini berarti bahwa hipotesis kesamaan kemiringan regresi antara kedua populasi ($\beta_1 = \beta_2$) diterima. Demikian juga bahwa nilai F -hit untuk variasi intersep (1,2572) lebih kecil dari nilai $F_{0,05}$ (5,29). Ini berarti bahwa hipotesis kesamaan intersep antara kedua populasi ($\alpha_1 = \alpha_2$)

diterima. Jadi kedua regresi hubungan lnD-lnB populasi Tongkeina dan populasi Malalayang Dua adalah identik.

Demikian juga, uji- t untuk menguji apakah nilai $b = 2,20501$ populasi Tongkeina sama atau lebih kecil nilai teoritis $b_{th} = 3$, $s_b = 0,221823$, diperoleh $t_{hit} = (3-b)/s_b = 3,584$. Nilai t -hitung ini adalah lebih besar dari pada nilai $t_{0,05}$ (2,015) sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai b berbeda nyata dengan nilai teoritis $b_{th} = 3$ atau hubungan kedua variabel tersebut adalah allometri negatif. Dengan kata lain, pertumbuhan berat cangkang tidak secepat pertumbuhan diameter cangkang kubik. Uji- t untuk menguji apakah nilai $b = 2,52956$ populasi Malalayang Dua sama atau < nilai teoritis $b_{th} = 3$, $s_b = 0,322837$, diperoleh $t_{hit} = (3-b)/s_b = 1,4572$. Nilai t -hitung ini adalah lebih kecil dari pada nilai t tabel ($t_{0,05} = 2,263$) sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai b tidak berbeda dengan nilai teoritis $b_{th} = 3$ atau hubungan kedua variabel tersebut adalah isometri. Dengan kata lain pertumbuhan berat cangkang seiring atau proporsional dengan pertumbuhan diameter cangkang. Jadi walaupun ANCOVA menunjukkan kesamaan kemiringan dan intersep antar populasi tetapi bisa terdapat perbedaan pola pertumbuhan allometri dengan menggunakan uji- t . Nampak pada Gambar 4, kurva perpangkatan lebih tajam atau curam di Malalayang Dua dari pada di Tongkeina.

Perbandingan indeks gonad (IG) *H. crassispina* di rataan terumbu Tongkeina dan Malalayang Dua tersaji pada Gambar 5. Di Tongkeina, kirsan IG dari 0,4125 % sampai dengan 1,8197 % dengan IG rata-rata 1,0274 % dan standar deviasi 0,3503 %. Di Malalayang Dua, IG berkisar dari 1,3046 % sampai 7,0696 % dengan rata-rata sebesar 3,4765 % dan standar deviasi 1,9819 %. Karena terdapat perbedaan yang nyata varians antara kedua populasi (uji- F , $P < 0,05$) maka digunakan uji- t dengan tidak

mengasumsikan kesamaan varians untuk membandingkan kedua sampel. Nilai t hitung = 4,0841 dan nilai- $P < 0,05$, yang berarti secara statistik, terdapat perbedaan yang nyata antara rata-rata IG dari kedua sampel pada batas kepercayaan 95 %. Atau dengan kata lain, nilai IG populasi Malalayang Dua lebih tinggi dari pada populasi Tongkeina.

Perbandingan indeks usus (IU) *H. crassispina* di rataan terumbu Tongkeina dan Malalayang Dua tersaji pada Gambar 6. Di Tongkeina, kirsan IU dari 1,6466 % sampai dengan 6,0211 % dengan IU rata-rata 3,6782 % dan standar deviasi 1,1774 %. Di Malalayang Dua, IU berkisar dari 0,6252 % sampai 1,3768 % dengan rata-rata sebesar 0,8919 % dan standar deviasi 0,2099 %. Karena terdapat perbedaan yang nyata varians antara kedua populasi (uji- F , $P < 0,05$) maka digunakan uji- t dengan tidak mengasumsikan kesamaan varians untuk membandingkan kedua sampel. Nilai t hitung = 15,5039 dan nilai- $P < 0,05$, yang berarti secara statistik, terdapat perbedaan yang nyata antara rata-rata IU dari kedua sampel pada batas kepercayaan 95 %. Atau dengan kata lain, nilai IU populasi Malalayang Dua lebih rendah dari pada populasi Tongkeina.

Perbandingan indeks lantera (IL) *H. crassispina* di rataan terumbu Tongkeina dan Malalayang Dua tersaji pada Gambar 7. Di Tongkeina, kirsan IL dari 3,5253 % sampai dengan 7,4370 % dengan IL rata-rata 5,1270 % dan standar deviasi 0,9368 %. Di Malalayang Dua, IL berkisar dari 2,6009 % sampai 5,2049 % dengan rata-rata sebesar 4,0824 % dan standar deviasi 0,7339 %. Karena tidak terdapat perbedaan yang nyata varians antara kedua populasi (uji- F , $P > 0,05$) maka digunakan uji- t dengan mengasumsikan kesamaan varians untuk membandingkan kedua sampel. Nilai t hitung = 3,4595 dan nilai- $P < 0,05$, yang berarti secara statistik, terdapat perbedaan yang nyata antara

rata-rata IL dari kedua sampel pada batas kepercayaan 95 %. Atau dengan kata lain, nilai IL populasi Malalayang Dua lebih rendah dari pada populasi Tongkeina.

Perbedaan ukuran diameter cangkang bulu babi bisa terjadi antar populasi ketika terdapat perbedaan kondisi lingkungan atau kondisi ketersediaan makanan. Lumingas (1994) dan Lumingas dan Guillou (1994) menyatakan bahwa dua populasi bulu babi *Sphaerechinus granularis* yang berasal dari dua habitat yang berbeda dalam Teluk Brest (Perancis) menunjukkan variasi dalam karakter morfologi, 'life-history' dan fisiologi mereka. Ukuran diameter maksimal serta ukuran rata-rata *S. granularis* di lokasi yang kurang berarus dan banyak terdapat alga lebih besar dari pada yang terdapat di lokasi berarus kuat dan kurang terdapat alga.

Nampaknya tidak terdapat perbedaan kondisi hidrodinamika pada kedua lokasi pengambilan sampel, karena perbedaan kondisi hidrodinamika baik arus maupun gelombang akan mempengaruhi adaptasi morfologi bulu babi terutama perubahan bentuk cangkangnya. Debat mengenai peranan hidrodinamika terhadap bentuk cangkang pernah menjadi objek kontroversi (Lumingas, 1994). Thompson (1917) (dalam Lumingas, 1994) menyatakan bentuk cangkang yang agak pipih (pertumbuhan diameter lebih cepat dari pada pertumbuhan tinggi cangkang) memungkinkan kontak podia dengan substrat lebih kuat. Dix (1970) menyatakan tidak terdapat perbedaan yang nyata antara bentuk cangkang dari bulu babi *Evechinus chloroticus* yang hidup di lokasi bergelombang dan di lokasi terlindung atau tenang. McPherson (1968) menyatakan bahwa *Eucidaris tribuloides* pada umumnya memiliki bentuk lebih pipih pada lokasi terlindung. Hal ini sejalan dengan pernyataan Lawrence (1987) yang menyatakan bahwa ada hubungan antara bentuk cangkang dan

kekuatannya; secara struktur, bentuk cangkang yang bulat lebih kuat dari pada bentuk pipih. Lumingas (1994) menemukan bahwa bulu babi *S. granularis* yang hidup di lokasi berarus dan bergelombang lebih bulat dibanding yang hidup di lokasi terlindung.

Populasi *H. crassisipina* di Malalayang Dua tidak menunjukkan variasi pertumbuhan berat cangkang sebagai fungsi diameternya; tetapi populasi Tongkeina memperlihatkan penurunan laju pertumbuhan berat dengan semakin bertambahnya diameter. Diduga hal ini berhubungan dengan perolehan energetik dari makanan, bukan dari kuantitas makanan. Lumingas (1994) mendapatkan *S. granularis* di habitat yang kaya alga memiliki pola pertumbuhan berat yang isometrik, sedangkan di habitat miskin alga, pola pertumbuhan berat cangkangnya adalah allometrik minor atau negatif. Hasil penelitian ini tidak sejalan dengan dengan hasil penelitian Lumingas (1994) tersebut.

Demikian juga dengan indeks lantera, di Tongkeina, indeks ini lebih besar dari pada di Malalayang Dua. Padahal menurut beberapa hasil penelitian, ukuran relatif lantera bervariasi menurut ketersediaan makanan ((Ebert, 1980; Black et al, 1982,1984; Edwards dan Ebert, 1991; Levitan, 1991, Lumingas, 1994; Lumingas dan Guillou, 1994). Menurut mereka, keterbatasan makanan menyebabkan semakin meningkatkan ukuran lantera ini karena lebih besar alokasi energi ke organ pengunyah ini untuk meningkatkan perolehan energi mereka. Bahkan menurut Ebert (1980), ukuran lantera dihubungkan dengan ukuran cangkangnya dapat digunakan untuk menduga nilai trofik lingkungan di mana bulu babi terdapat.

Jika hipotesis peneliti-peneliti tersebut diterima, maka bulu babi *H. crassisipina* di Malalayang Dua seharusnya lebih banyak memperoleh makanan dari segi energetik karena

selain memiliki ukuran relative lantera yang kecil juga karena memiliki pola pertumbuhan berat yang lebih baik dari pada di Tongkeina. Demikian juga ditunjang oleh tingginya indek gonad dibanding di Tongkeina.

Nampaknya indeks usus dapat menggambarkan banyaknya makanan secara kuantitatif dan berhubungan dengan ketersediaan aktualnya di alam, tetapi belum tentu menggambarkan keseluruhan perolehan nilai energetik. Demikian juga, kelimpahan bulu babi yang tinggi di Tongkeina akan membawa persaingan makanan yang tinggi baik intra-spesifik maupun inter-spesifik. Urriago *et al.* (2016) menyatakan bahwa indeks gonad *H. crassispina* dipengaruhi oleh kepadatan bulu babi; di tempat yang lebih padat, indeks gonad rata-ratanya lebih rendah dari pada di tempat yang kurang padat.

KESIMPULAN

Kelimpahan individu *Heliocidaris crassispina* di Malalayang Dua lebih rendah dibanding dengan yang terdapat di Tongkeina. Tidak terdapat perbedaan ukuran rata-rata diameter bulu babi antara kedua habitat. Hubungan diameter-tinggi cangkang mengikuti model perpangkatan dan berbandingan garis regresinya tidak berbeda nyata antar lokasi. Kemiringan garis regresinya untuk kedua habitat tidak berbeda nyata dengan nilai teoritis satu (isometri). Hubungan diameter-berat kering cangkang mengikuti model perpangkatan dan perbandingan garis regresinya tidak berbeda nyata antar lokasi. Kemiringan garis regresinya untuk lokasi Malalayang Dua tidak berbeda nyata dengan nilai teoritis tiga (isometri), tetapi untuk lokasi Tongkeina berbeda nyata dengan nilai teoritis tiga (allometri negatif) di mana pertumbuhan berat cangkang tidak secepat pertumbuhan diameter kubik. Indeks gonadik di Malalayang Dua lebih besar dibanding dengan di Tongkeina. Indeks usus di Tongkeina lebih besar

dibanding dengan di Malalayang Dua. Indeks lantera di Tongkeina lebih besar dibanding dengan di Malalayang Dua. Faktor kelimpahan bulu babi dan perolehan nilai energetik makanan diduga merupakan faktor pemicu perbedaan-perbedaan indeks-indeks serta pola pertumbuhan berat *H. crassispina* tersebut.

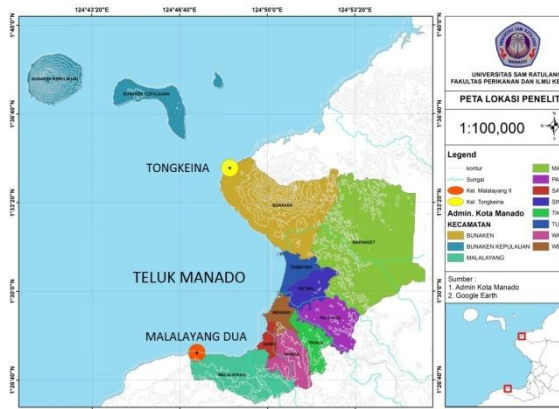
DAFTAR PUSTAKA

- Agatsuma, Y., 2013. *Hemicentrotus pulcherrimus*, *Pseudocentrotus depressus*, and *Heliocidaris crassispina*. Dalam: Lawrence, J.M. (Ed.), Sea Urchins: Biology and Ecology, third ed. Elsevier, Amsterdam, hal. 461–473.
- Black, R., Codd, C., Hebbert, D., Vink, S. dan Burt, J. 1984. The functional significances of the relative size of Aristotle's lantern in the sea urchin *Echinometra mathaei*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 77, 81-97.
- Black, R., Johson, M. S. dan Trendal, J. T. 1982. Relative size of Aristotle's lantern in *Echinometra mathaei* occurring densities. Mar. Biol., 71, 101-106.
- Clark, A. M. and Rowe, F. W. E. 1971. *Monograph of Shallow-water Indo-West Pacific Echinoderms*. No. 690. British Museum.
- Dahuri, R. 2003. Keanekaragaman Hayati Laut. Aset Pembangunan Berkelanjutan. P. T. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Dix, T. G. 1970. Biology of *Evechinus chloroticus* (Echinoidea: Echinometridae) from different localities. N. Z. J. Mar. Freshwater Res., 4, 91-116.
- Ebert, T. A. 1980. Relative growth of sea urchin jaws: an example of plastic resource allocation. Bull. Mar. Sci., 30, 467-474.
- Edwards, P. B. dan Ebert, T. A. 1991. Plastic responses to limited food availability and spine damage in the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 145, 205-220.

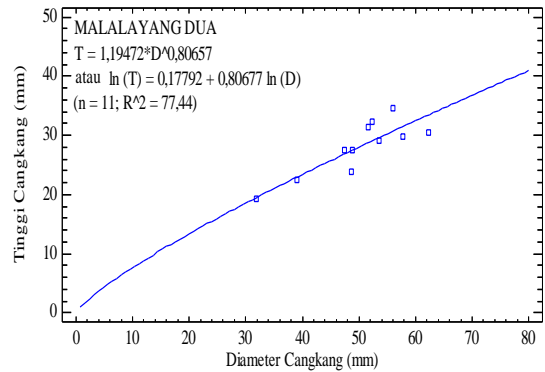
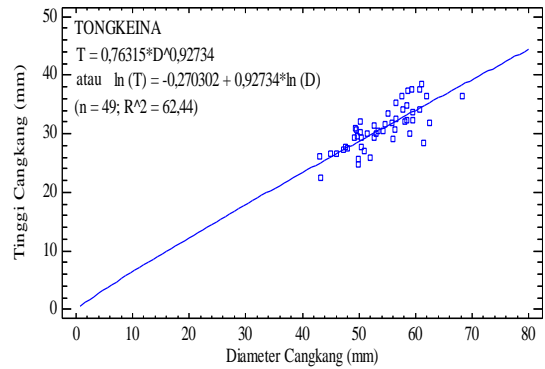
- European Union and European Academies Science Advisory Council. 2016. Marine sustainability in an age of changing oceans and seas. EASAC Policy Report 28, Brussels, Belgium.
- FAO. 2016a. FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics. 2014/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture. 2014/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura. 2014. Rome/Roma, FAO.
- FAO. 2016b. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. FAO, Rome.
- Hart, M. W., Jeffery Abt, C. H. dan Emler, R. B. 2011. Molecular phylogeny of echinometrid sea urchins: more species of *Heliocidaris* with derived modes of reproduction. *Invertebr. Biol.* 130, 175–185.
- Huxley, J. S. 1932. *Problems of relative growth*. Methuen: London.
- Jung, G., Kim, C-G., dan Lee, J-H. 2015. Complete mitochondrial genome sequence of *Heliocidaris crassispina* (Camarodonta, Echinometridae). *Mitochondrial DNA*, early online, 1-2.
- Kroh, A. 2014. *Heliocidaris crassispina* (A. Agassiz, 1864). In: Kroh, A. & Mooi, R. 2015. World Echinoidea Database. Diakses dari: <http://www.marinespecies.org/echinoidea/aphia.php=taxdetails&id=513312> pada 16-10-2016.
- Lawrence, J. M. 2007. Edible sea urchins: use and life-history strategies. *Dalam*: Lawrence, J.M. (Ed.), *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology*, second ed. Elsevier, Amsterdam, hal. 1-9.
- Le Direac'h, J. P. 1987. La pêche des oursins en Méditerranée: historique, techniques, législation, production. *Dalam*: *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, C. F. Boudouresque (ed.). Marseille: GIS Posidonie, 335–362.
- Levitan, D. R. 1991. Skeletal changes in the test and jaws of the sea urchin *Diadema antillarum* in response to food limitation. *Mar. Biol.*, 11, 431-435.
- Lumingas, L. J. L. 1994. La plasticité chez l'oursin *Sphaerechinus granularis* en Rade de Brest (Bretagne, France). These de Doctorat, Faculté des Sciences et Techniques de Brest, Université de Bretagne Occidentale. 193 hal.
- Lumingas, L. J. L. dan Guillou, M. 1994. Plasticité de l'oursin, *Sphaerechinus granularis* (Lamarck), face aux variations de l'environnement. *Dalam* : *Echinoderms through time*. David, B., Guille, A., Feral, J. P. dan Roux, M. (ed), A. A. Balkema, Rotterdam, hal. 757-763.
- McPherson, B. F. 1968. Contribution to the biology of the sea urchin *Eucidaris tribuloides* (Lamarck). *Bull. Mar. Sci.*, 18, 400-443.
- Parvez, M. S., Rahman, M. A. dan Yusoff, F. M. 2016. Status, prospects and potentials of echinoid sea urchins in Malaysia. *International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences*. 4 (1): 93-97.
- Regis, M. B. 1979. Analyse des fluctuations des indices physiologiques chez deux échinoides (*Paracentrotus lividus* (Lamarck) et *Arbacia lixula* L.) du golfe de Marseille. *Thetys*, 9 (2): 167-181.
- Scherrer, B. 1984. *Biostatistique*. Gaëtan Morin Éditeur : Boucherville (Canada).
- Shang, X. H., Liu, X. Y., Zhang, J. P., Gao, Y., Jiao, B. H., Zheng, H. dan Lu, X. L. 2014. Traditional Chinese Medicine—Sea Urchin. *Mini Rev. Med. Chem.* 14: 537-542.
- Urriago, J. D., Wong, J. C., Dumont, C. P. dan Qiu, J. W. 2016. Reproduction of the short-spined sea urchin *Heliocidaris crassispina* (Echinodermata: Echinoidea) in Hong Kong with a subtropical

climate. *Regional Studies in Marine Science*. (Abstract).
 Zar, J. H. 2010. *Biostatistical Analysis*. Fifth eds. Pearson Prentice Hall: New Jersey (USA).

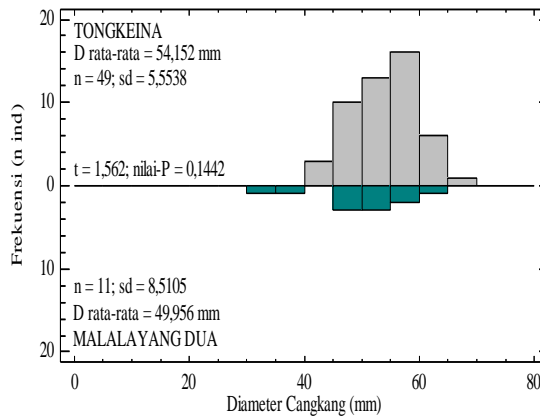
Lampiran :



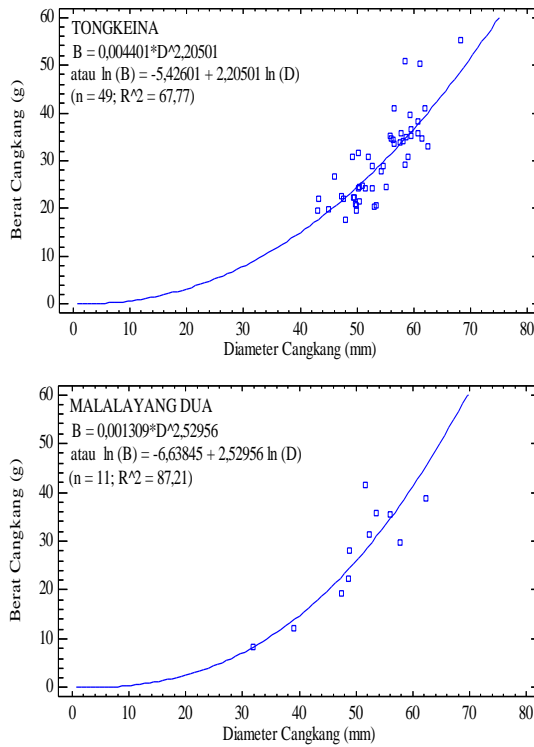
Gambar 1. Peta lokasi penelitian



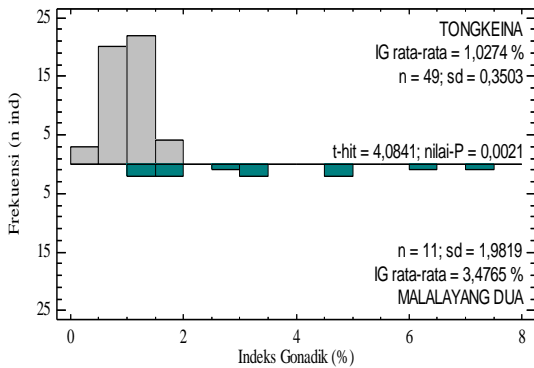
Gambar 3. Hubungan allometrik antara diameter cangkang (D) dan tinggi cangkang (T) *Heliocidaris crassispina* di rataan terumbu Tongkeina dan Malalayang Dua



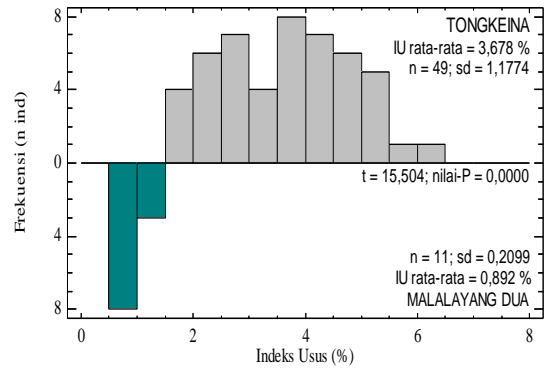
Gambar 2. Histogram diameter cangkang *Heliocidaris crassispina* di rataan terumbu Tongkeina dan Malalayang Dua



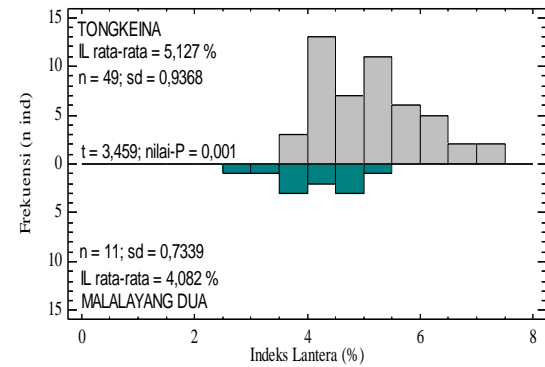
Gambar 4. Hubungan allometrik antara diameter cangkang (D) dan berat cangkang (B) *Helicoidaris crassispina* di rataan terumbu Tongkeina dan Malalayang Dua



Gambar 5. Perbandingan indeks gonad (IG) *Helicoidaris crassispina* di rataan terumbu Tongkeina dan Malalayang Dua



Gambar 6. Perbandingan indeks usus (IU) *Helicoidaris crassispina* di rataan terumbu Tongkeina dan Malalayang Dua



Gambar 7. Perbandingan indeks lantera (IL) *Helicoidaris crassispina* di rataan terumbu Tongkeina dan Malalayang Dua