

**Morfometrik, Indeks Gonad, Indeks Usus dan Indeks Lentera Bulu babi
Tripneustes gratilla (Linnaeus, 1758) Pantai Tiwoho dan Kampung Ambong,
Sulawesi Utara**

(Morphometrics, gonad index, intestine index and lantern index of sea urchins,
Tripneustes gratilla (Linnaeus, 1758) Tiwoho and Kampung Ambong Beach, North
Sulawesi)

Dewi F. Manabung¹, Lawrence J. L. Lumingas², Meiske S. Salaki²

¹Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Universitas Sam Ratulangi Manado 95115

² Staff Pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi Manado
*e-mail: dewiferonikamanabung@gmail.com

ABSTRACT

Two populations of *Tripneustes gratilla* (Linnaeus, 1758) from two different habitats, Tiwoho and Kampung Ambong, show variations in morphometric and physiological characteristics. The average test diameter of the Tiwoho population is larger than the Kampung Ambong population. Although the two regressions of the test diameter – total weight relationship between the Tiwoho population and the Kampung Ambong population are identical, the *T. gratilla* of Tiwoho population has an isometric growth pattern whereas the Kampung Ambong population shows a negative allometric growth pattern. The two regressions of the test diameter – test height show identical slopes and intercepts and reveal an isometric growth for the two populations. For both populations, the gonad index is not affected by variations in the test diameter, but the gonad index of the Kampung Ambong population is greater than the gonad index of the Tiwoho population. Similarly, there is no significant relationship between the two variables, intestinal index and test diameter, for both populations, and no significant difference in intestinal index – test diameter regressions between the two populations. The relationship between the lantern index – test diameter shows the lantern index remains constant with changes in the diameter test for the Tiwoho population. As for the Kampung Ambong population, the lantern index decreases with increasing test diameter. The two regressions of lantern index – test diameter show differences in the slopes of the lines, and this means that in adult size, lantern index of the Tiwoho population is larger than the Kampung Ambong population. The low of the lantern index and the high of gonad index in Kampung Ambong could indicate more availability of food for sea urchins at this location compared to Tiwoho. Differences in food availability in the environment are thought to determine differences in the energy allocation strategies of the two populations of sea urchins *T. gratilla*.

Keywords: *Tripneustes gratilla*, allometric analysis, gonad index, intestinal index, lantern index, Tiwoho, Kampung Ambong.

ABSTRACT

Dua populasi *Tripneustes gratilla* (Linnaeus, 1758) dari dua habitat yang berbeda, Tiwoho dan Kampung Ambong, menunjukkan variasi dalam karakteristik morfometrik dan fisiologis. Diameter cangkang rata-rata populasi Tiwoho lebih besar dari populasi Kampung Ambong. Meskipun kedua regresi hubungan diameter cangkang – berat total antara populasi Tiwoho dan populasi Kampung Ambong adalah identik, *T. gratilla* populasi Tiwoho memiliki pola pertumbuhan isometrik sedangkan populasi Kampung Ambong menunjukkan pola pertumbuhan alometrik negatif. Dua regresi diameter cangkang - tinggi cangkang menunjukkan kesamaan kemiringan dan intersep dan

memperlihatkan pertumbuhan isometrik untuk dua populasi. Untuk kedua populasi, indeks gonad tidak dipengaruhi oleh variasi diameter cangkang, tetapi indeks gonad populasi Kampung Ambong lebih besar dari pada indeks gonad populasi Tiwoho. Demikian pula, tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kedua variabel, indeks usus dan diameter cangkang, untuk kedua populasi, dan tidak terdapat perbedaan yang signifikan regresi indeks usus - diameter cangkang antara kedua populasi. Dalam hubungan diameter cangkang - indeks latern menunjukkan bahwa indeks lentera tetap konstan dengan perubahan diameter cangkang untuk populasi Tiwoho. Sedangkan untuk populasi Kampung Ambong, indeks lentera berkurang dengan meningkatnya diameter cangkang. Dua regresi indeks lentera – diameter cangkang menunjukkan perbedaan dalam kemiringan garis, dan ini berarti bahwa pada ukuran dewasa, indeks lentera populasi Tiwoho lebih besar dari populasi Kampung Ambong. Indeks lentera yang rendah dan indeks gonad yang tinggi di Kampung Ambong dapat mengindikasikan lebih banyak ketersediaan makanan untuk bulu babi di lokasi ini dibandingkan dengan di Tiwoho. Perbedaan ketersediaan makanan di lingkungan diperkirakan menentukan perbedaan dalam strategi alokasi energi dari dua populasi bulu babi *T. gratilla*.

Kata kunci: *Tripneustes gratilla*, analisis allometrik, indeks gonad, indeks usus, indeks lentera, Tiwoho, Kampung Ambong

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dan merupakan bagian terbesar dari Segitiga Terumbu Karang yang menyimpan keanekaragaman hayati lautan terbesar di planet ini (Allen, 2008; Allen dan Wener, 2002). Keanekaragaman hayati yang tinggi akan meningkatkan fungsi dan jasa ekosistem (Worm *et al.*, 2006) termasuk sumberdaya perikanan sehingga menjadikan Indonesia penghasil perikanan tangkap kedua terbesar di dunia (FAO, 2019).

Salah satu kekayaan keanekaragaman hayati Indonesia yang merupakan sumberdaya perikanan yang bernilai ekonomis penting non ikan adalah bulu babi. Bulu babi telah dianggap sebagai sumberdaya hayati laut baru bernilai tinggi di Asia (Parvez *et al.*, 2016). Gonad bulu babi atau "roe" merupakan bagian yang dapat dimakan (edible portion) (Agatsuma, 2013) dan merupakan makanan yang lezat di berbagai bagian dunia (Lawrence, 2007). Bahkan 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 nutrasetikal maupun farmasetikal (Liu *et al.*, 2011; Shang *et al.*, 2014; Parvez *et al.*, 2016; Brasseur *et al.*, 2017).

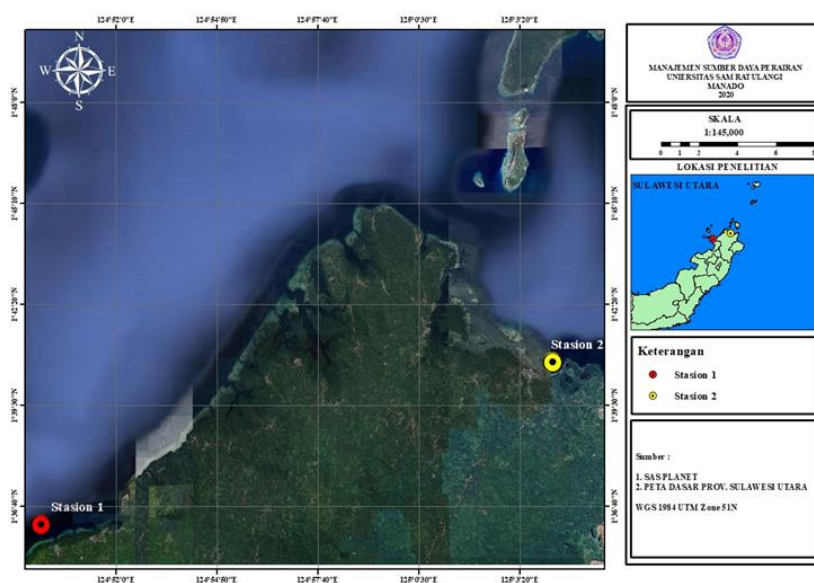
Di Indonesia, salah satu spesies bulu babi yang dapat dimakan adalah *Tripneustes gratilla* (Linnaeus, 1758). Spesies yang dikenal dengan nama umum 'collector urchin' ini tersebar secara luas di Indo-Pasifik (Clark dan Rowe, 1971) dan memiliki durasi larva pelagis antara 42 dan 52 hari (Junio-Meñez *et al.*, 1998). Bulu babi *T. gratilla* dieksploitasi secara komersial sebagai sumber makanan di seluruh Asia Tenggara dan Segitiga Terumbu Karang (Kasim, 2009). Data tangkapan komersil bulu babi *T. gratilla* di Indonesia belum diketahui, tetapi di Filipina, bulu babi spesies ini merupakan perikanan bulu babi terpenting dan telah dipanen secara komersil sebelum ada pengaturan akibat terjadinya kehancuran stok pada tahun 1992 (Junio-Meñez *et al.*, 2008). Nilai komersial yang tinggi dari bulu babi *T. gratilla* telah mendorong penelitian ke dalam program akuakultur yang dirancang untuk mendukung ekspor komersial dan pemulihan stok liar (Dworjanyn *et al.*, 2007; Junio-Meñez *et al.*, 1998, 2008). Secara ekologis, bulu babi *T. gratilla* telah dipandang sebagai spesies kunci yang mampu mengendalikan spesies alga invasif. Di Hawai'i, percobaan menggunakan *T. gratilla* sebagai agen biokontrol telah menunjukkan bahwa spesies ini dapat mengurangi biomassa spesies invasif *Kappaphycus* spp. dan

spesies makroalga invasif lainnya (Conklin dan Smith, 2005; Stimson *et al.*, 2007).

Di Sulawesi Utara, informasi bioekologi bulu babi *T. gratilla* masih relatif kurang; padahal informasi ilmiah ini sangat penting dalam pengelolaan sumberdaya perairan di daerah ini. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakter morfometrik dan fisiologis bulu babi *Tripneustes gratilla* di perairan pantai Tiwoho dan di Kampung Ambong (Laboratorium Basah Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Likupang) Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada dua stasiun sampling yakni di perairan pantai Tiwoho dan di Kampung Ambong (Laboratorium Basah FPIK Unsrat), Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara. Stasiun Tiwoho terletak pada 01°35'39,4"LU dan 124°50'02,9"BT dan Stasiun Kampung Ambong terletak pada 01°40'24,7" LU dan 125°03'59,6"BT. Adapun waktu pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 11-12 November 2019 dan 21-22 November 2019.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel dengan survei jelajah. Sampel bulu babi *T. gratilla* diambil pada saat air sedang surut. Sampel diambil menggunakan penjepit lalu dimasukkan ke dalam ember dan direndam dengan alkohol 70% dan dibawa ke Laboratorium FPIK Unsrat. Di laboratorium, 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 lentera 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 0,01 g

Untuk menjelaskan pertumbuhan relatif tinggi cangkang atau berat kering total cangkang bulu babi terhadap diameter cangkangnya digunakan teknik analisis allometri yang dikembangkan Huxley (1932) dengan formula: $y = ax^b$, di mana konstanta a (indeks awal) merupakan nilai y ketika $x = 1$, konstanta b (koefisien pertumbuhan relatif) adalah kemiringan, y adalah variabel acak tak bebas dan x adalah variabel bebas. Model perpangkatan (multiplikatif) ini merupakan salah satu fungsi regresi nonlinear yang sering digunakan dalam bidang biologi (Scherrer, 1984). Dalam bentuk linear setelah transformasi logaritma natural adalah: $\ln(y) = \ln(a) + b \cdot \ln(x)$, di mana $\ln(a)$

adalah intersep atau $a = \exp(\ln(a))$ dan b adalah kemiringan. Dalam tulisan ini, yang merupakan variabel bebas (independent variable) adalah DC dan variabel terikat (dependent variable) adalah TC dan BT. Kemiringan b akan dibandingkan dengan kemiringan teoritis β_{te} dengan cangkang-t: $t\text{-hitung} = b - \beta_{te}/s_b$ di mana s_b adalah standar error dari b . Kemiringan teoritis β_{te} untuk hubungan TC-DC sama dengan 1 (linear) dan untuk hubungan BT-DC sama dengan 3 (kubik). Jika harga mutlak $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$ ($\alpha=0,05; db=n-2$) maka $b = \beta_{te}$ atau pola pertumbuhan relatifnya isometri; jika $t\text{-hitung} \geq t\text{-tabel}$ maka $b \neq \beta_{te}$ atau pola pertumbuhan relatifnya allometri; dan untuk $b > \beta_{te}$ disebut allometri positif dan $b < \beta_{te}$ disebut allometri negatif (Huxley dan Teissier, 1936).

Berat kering bagian-bagian tubuh seperti gonad (BG), usus (termasuk isinya) (BU) dan lentera Aristotel (alat pengunyah atau untuk melakukan grazing) (BL) dibuat indeks (dalam %) setelah masing-masing dibagi dengan BT mejadi: indeks gonad IG (%) = $BG/BT \cdot 100$; indeks usus IU (%) = $BU/BT \cdot 100$; indeks lentera IL (%) = $BL/BT \cdot 100$. Untuk menganalisis variasi masing-masing indeks ini dihubungkan dengan DCnya dicocokkan dengan regresi linear sederhana dalam bentuk $y = a + b \cdot x$,

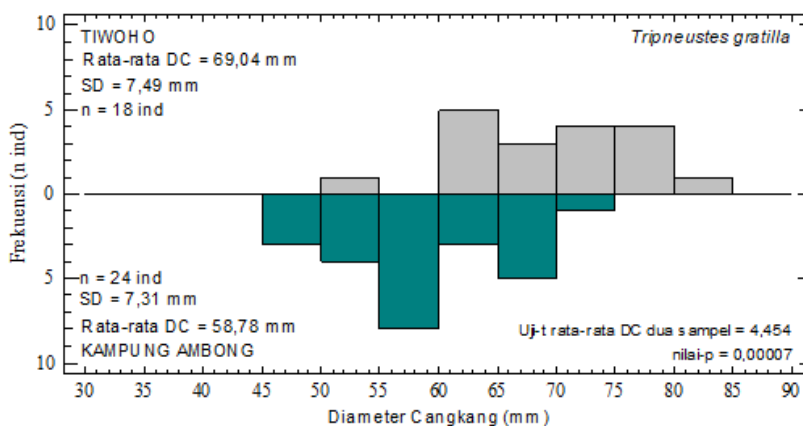
di mana indeks-indeks menjadi variabel terikat dan DC menjadi variabel bebas.

Analisis statistika untuk mengestimasi parameter konstanta, cangkang-t beserta analisis variansnya digunakan petunjuk Scherrer (1984) dengan bantuan pengolah tabel Excel dan pengolah statistika Statgraphics Centurion.

HASIL

Struktur Ukuran Cangkang

Sebaran frekuensi ukuran diameter cangkang bulu babi *Tripneustes gratilla* di perairan pantai Tiwoho dan Kampung Ambong dapat dilihat pada Gambar 2. Ukuran DC dari 18 individu bulu babi ini di pantai Tiwoho berkisar antara 51,58 s/d 82,18 mm dengan rata-rata adalah 69,04 mm (sd = 7,49) sedangkan 24 individu dari Kampung Ambong berkisar dari 46,12 s/d 72,02 mm dengan rata-rata 58,78 mm (sd = 7,31). Selang kepercayaan 95% untuk rata-rata DC di Tiwoho adalah 65,3136 s/d 72,7597 mm dan di Kampung Ambong berkisar dari 55,6887 s/d 61,8646 mm. Cangkang perbandingan rata-rata kedua sampel (dengan asumsi kesamaan varians) $t = 4,45436$ dan nilai-P = 0,000066 yang berarti sampel Tiwoho berukuran DC lebih besar dibandingkan sampel Kampung Ambong.



Gambar 2. Histogram frekuensi diameter cangkang (DC) bulu babi *Tripneustes gratilla* dengan interval kelas 5 mm di Tiwoho dan Kampung Ambong

Hubungan berat total (BT) dan diameter cangkang (DC)

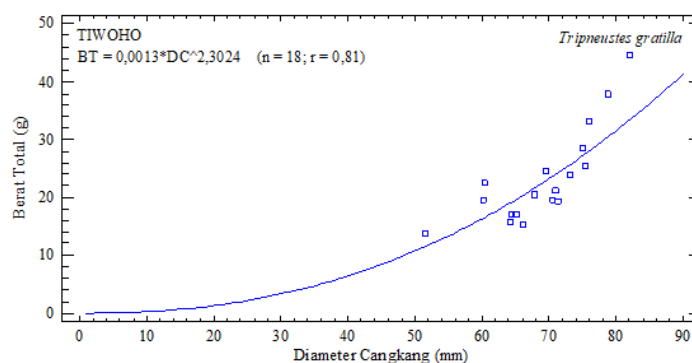
Sebanyak masing-masing 18 dan 24 pasangan data pengamatan BT-DC bulu babi *T. gratilla* dari perairan pantai Tiwoho dan Kampung Ambong telah dicocokkan

dengan model perpangkatan (multiplicative model) (Gambar 3 dan Gambar 4). Persamaan perpangkatannya adalah sebagai berikut: Tiwoho, $BT = 0,0013 \cdot DC^{2,30237}$ atau dalam bentuk linear setelah transformasi logaritma natural

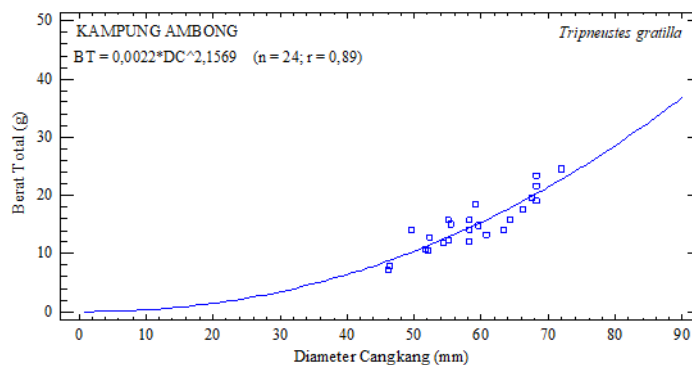
adalah $\ln(BT) = -6,63819 + 2,30237 \cdot \ln(DC)$; Kampung Ambong, $BT = 0,0022 \cdot DC^{2,15685}$ atau dalam bentuk linear adalah $\ln(BT) = -6,09767 + 2,15685 \cdot \ln(DC)$. Koefisien korelasi (r) masing-masing sebesar 0,81 di Tiwoho dan 0,89 di Kampung Ambong menunjukkan hubungan positif yang cukup kuat antara kedua variabel pada kedua stasiun sampling. Statistik R^2 pada kedua stasiun sampling yang masing-masing 66,12% di Tiwoho dan 78,98% di Kampung Ambong menunjukkan persentase variasi BT dijelaskan oleh variasi DC. Karena nilai-P dalam tabel ANOVA pada kedua sampel Tiwoho dan Kampung Ambong lebih kecil

dari 0,05, maka ada hubungan yang signifikan secara statistik antara BT dan DC pada tingkat kepercayaan 95,0% di kedua stasiun sampling.

Analisis kovarians (ANCOVA) untuk membandingkan kedua garis regresi linear (hubungan $\ln DC - \ln BT$) bulu babi *T. gratilla* populasi Tiwoho dan Kampung Ambong menunjukkan rasio-F = 0,11 dengan nilai-P > 0,05 (nilai-P = 0,7475) untuk membandingkan kemiringan dan rasio-F = 1,12 dengan nilai-P > 0,05 (nilai-P = 0,2962) untuk membandingkan intersep. Ini berarti kedua regresi hubungan $\ln DC - \ln BT$ populasi Tiwoho dan populasi Kampung Ambong adalah identik.



Gambar 3. Hubungan regresi perpangkatan antara berat total dan diameter cangkang bulu babi *Tripneustes gratilla* di perairan pantai Tiwoho



Gambar 4. Hubungan regresi perpangkatan antara berat total dan diameter cangkang bulu babi *Tripneustes gratilla* di Kampung Ambong

Cangkang-t untuk membandingkan kemiringan b pada hubungan perpangkatan BT dan DC dengan kemiringan teoritis $\beta = 3$, untuk sampel dari Tiwoho nilai t-hitung = 1,6931 yang lebih kecil dari pada 2,1199 (t-tabel db = 16, $\alpha = 0,05$); sedangkan untuk sampel Kampung Ambong, nilai t-hitungnya adalah 3,554 yang lebih besar dari 2,0739 (t-tabel db

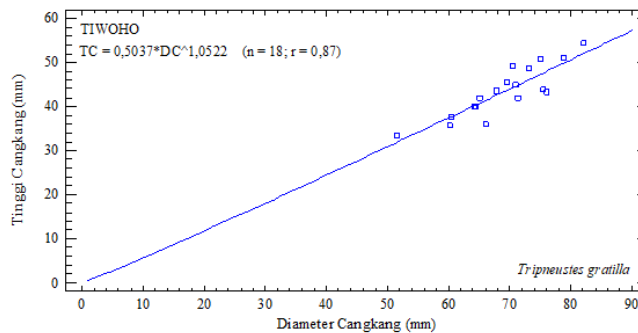
=22, $\alpha = 0,05$). Bulu babi *T. gratilla* populasi Tiwoho memiliki kemiringan $b = 3$ atau pola pertumbuhan berat isometrik di mana pertambahan BTnya proporsional dengan pertambahan DC kubiknya. Dengan kata lain, perubahan berat jenis seiramah dengan perubahan diameter cangkangnya. Sedangkan populasi Kampung Ambong memperlihatkan kemiringan garis < 3 atau

allometri negatif. Dengan kata lain pertambahan BT tidak proporsional atau tidak secepat dengan pertambahan DC kubik selama pertumbuhan. Atau makin tua atau makin besar ukuran DC bulu babi *T. gratilla*, BT relatifnya (berat jenis) makin berkurang.

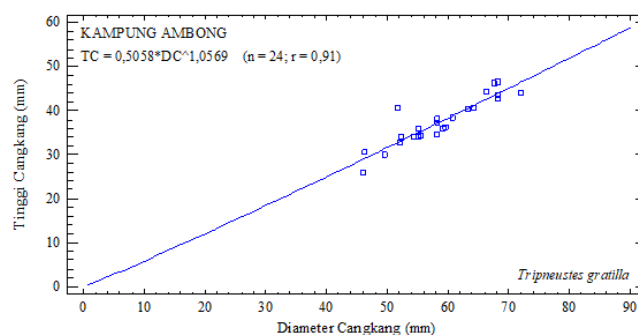
Hubungan antara tinggi cangkang (TC) dan diameter cangkang (DC)

Untuk analisis bentuk cangkang, pasangan data pengamatan TC-DC bulu babi *T. gratilla* dari perairan pantai Tiwoho dan Kampung Ambong telah dicocokkan dengan model perpangkatan (Gambar 5 dan Gambar 6). Persamaan perpangkatannya adalah sebagai berikut: Tiwoho, $TC = 0,5037 \cdot DC^{1,0522}$ atau dalam bentuk linear setelah transformasi logaritma natural adalah $\ln TC = -0,685715 + 1,05215 \cdot \ln DC$; Kampung Ambong, $TC =$

$0,5058 \cdot DC^{1,0569}$ atau dalam bentuk linear adalah $\ln TC = -0,681557 + 1,05694 \cdot \ln DC$. Koefisien korelasi (r) masing-masing sebesar 0,87 di Tiwoho dan 0,91 di Kampung Ambong menunjukkan hubungan positif yang cukup kuat antara kedua variabel pada stasiun sampling Tiwoho dan relative kuat antara kedua variable pada stasiun Kampung Ambong. Statistik R^2 pada kedua stasiun sampling yang masing-masing 76,45% di Tiwoho dan 82,17% di Kampung Ambong menunjukkan persentase variasi TC dijelaskan oleh variasi DC. Karena nilai-P dalam tabel ANOVA pada kedua sampel Tiwoho dan Kampung Ambong lebih kecil dari 0,05, maka ada hubungan yang signifikan secara statistik antara TC dan DC pada tingkat kepercayaan 95,0% di kedua stasiun sampling.



Gambar 5. Hubungan morfometrik antara tinggi cangkang dan diameter cangkang bulu babi *Tripneustes gratilla* Tiwoho



Gambar 6. Hubungan morfometrik antara tinggi cangkang dan diameter cangkang bulu babi *Tripneustes gratilla* di Kampung Ambong

ANCOVA untuk membandingkan dua garis regresi linear (hubungan $\ln DC - \ln TC$) bulu babi *T. gratilla* populasi Tiwoho dan Kampung Ambong menunjukkan rasio-F = 0,00 dengan nilai-P > 0,05 (nilai-P = 0,9786) untuk membandingkan kemiringan

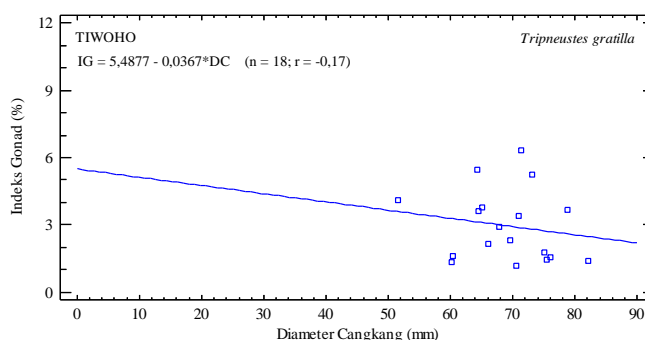
dan rasio-F = 0,96 dengan nilai-P > 0,05 (nilai-P = 0,3342) untuk membandingkan intersep. Ini berarti kedua regresi hubungan $\ln DC - \ln TC$ populasi Tiwoho dan populasi Kampung Ambong adalah identik.

Cangkang-t untuk membandingkan kemiringan b pada hubungan perpangkatan TC dan DC dengan kemiringan teoritis $\beta = 1$, untuk sampel dari Tiwoho nilai mutlak t-hitung = 0,3573 yang lebih kecil dari pada 2,1199 (t-tabel db = 16, $\alpha = 0,05$); demikian juga untuk sampel Kampung Ambong, nilai t-hitungnya adalah 0,5424 yang lebih kecil dari 2,0739 (t-tabel db = 22, $\alpha = 0,05$). Bulu babi *T. gratilla* kedua populasi memiliki kemiringan $b = 1$ atau pola pertumbuhan tinggi cangkang isometrik di mana penambahan TC proporsional dengan penambahan DCnya. Dengan kata lain, bentuk cangkang tetap konstan atau seiramah dengan perubahan diameter cangkangnya.

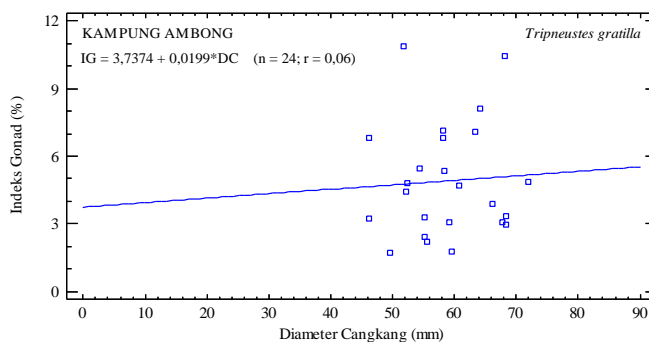
Hubungan indeks-indeks (IG, IU, IL) dengan diameter cangkang (DC)

Dalam hubungan IG-DC bulu babi *T. gratilla*, analisis dilakukan terhadap 18 individu dari Tiwoho dan 24 individu dari Kampung Ambong dan telah dicocokkan

dengan model linear (Gambar 7 dan Gambar 8). Persamaan linear sederhananya adalah sebagai berikut: Tiwoho, $IG = 5,48774 - 0,0366957*DC$; Kampung Ambong, $IG = 3,73742 + 0,0199094*DC$. Koefisien korelasi (r) masing-masing sebesar -0,17 di Tiwoho dan 0,06 di Kampung Ambong menunjukkan hubungan yang relatif lemah antara kedua variabel pada kedua stasiun sampling tersebut. Statistik R2 pada kedua stasiun sampling yang masing-masing 3,01% di Tiwoho dan 0,33% di Kampung Ambong menunjukkan persentase variasi IG dijelaskan oleh variasi DC. Karena nilai-P dalam tabel ANOVA pada kedua sampel Tiwoho (nilai-P = 0,49) dan Kampung Ambong (nilai-P = 0,79) lebih besar dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa, secara statistik, tidak terdapat hubungan yang signifikan antara IG dan DC pada tingkat kepercayaan 95,0% di kedua stasiun sampling atau IG tetap konstan pada berbagai ukuran DC.



Gambar 7. Hubungan linier antara indeks gonad dan diameter cangkang bulu babi *Tripneustes gratilla* di perairan pantai Tiwoho

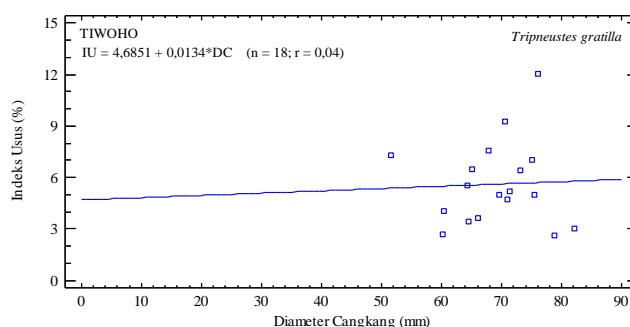


Gambar 8. Hubungan linier antara indeks gonad dan diameter cangkang bulu babi *Tripneustes gratilla* di Kampung Ambong

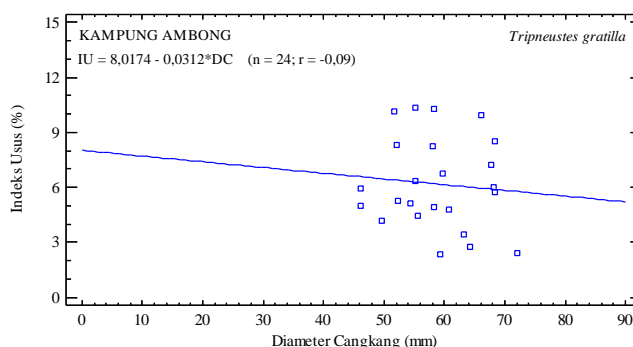
ANCOVA untuk membandingkan dua garis regresi linear (hubungan DC-IG) bulu babi *T. gratilla* populasi Tiwoho dan Kampung Ambong menunjukkan rasio-F = 0,35 dengan nilai-P > 0,05 (nilai-P = 0,5589) untuk membandingkan kemiringan dan rasio-F = 5,12 dengan nilai-P < 0,05 (nilai-P = 0,0293) untuk membandingkan intersep (dengan asumsi kesamaan kemiringan). Ini berarti kedua regresi hubungan DC-IG populasi Tiwoho dan populasi Kampung Ambong memiliki kesamaan kemiringan tetapi dengan perbedaan intersep pada tingkat kepercayaan 95%. Pada berbagai ukuran DC, IG bulu babi *T. gratilla* di Kampung Ambong selalu lebih besar dibandingkan dengan di Tiwoho.

Dalam hubungan IU-DC bulu babi *T. gratilla*, analisis dilakukan terhadap 18 individu dari Tiwoho dan 24 individu dari Kampung Ambong dan telah dicocokkan dengan model linear (Gambar 9 dan

Gambar 10). Persamaan linear sederhananya adalah sebagai berikut: Tiwoho, $IU = 4,68512 + 0,0133776 \cdot DC$; Kampung Ambong, $IU = 8,0174 - 0,031209 \cdot DC$. Koefisien korelasi (r) masing-masing sebesar 0,04 di Tiwoho dan -0,09 di Kampung Ambong menunjukkan hubungan yang relatif lemah antara kedua variabel pada kedua stasiun sampling tersebut. Statistik R^2 pada kedua stasiun sampling yang masing-masing 0,17% di Tiwoho dan 0,84% di Kampung Ambong menunjukkan persentase variasi IU dijelaskan oleh variasi DC. Karena nilai-P dalam tabel ANOVA pada kedua sampel Tiwoho (nilai-P = 0,87) dan Kampung Ambong (nilai-P = 0,67) lebih besar dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa, secara statistik, tidak terdapat hubungan yang signifikan antara IU dan DC pada tingkat kepercayaan 95,0% di kedua stasiun sampling atau IU tetap konstan pada berbagai ukuran DC.



Gambar 9. Hubungan linier antara indeks usus dan diameter cangkang bulu babi *Tripneustes gratilla* di perairan pantai Tiwoho



Gambar 10. Hubungan linier antara indeks usus dan diameter cangkang bulu babi *Tripneustes gratilla* di Kampung Ambong

ANCOVA untuk membandingkan dua garis regresi linear (hubungan DC-IU) bulu babi *T. gratilla* populasi Tiwoho dan

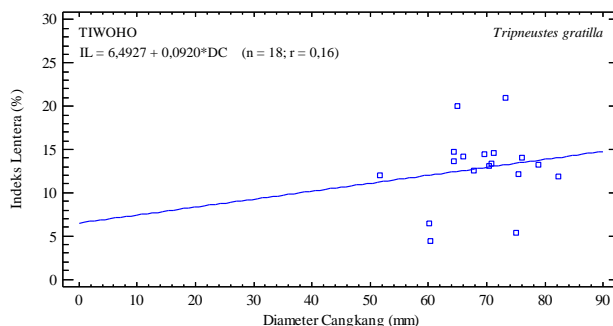
Kampung Ambong menunjukkan rasio-F = 0,17 dengan nilai-P > 0,05 (nilai-P = 0,6847) untuk membandingkan kemiringan

dan rasio-F = 0,22 dengan nilai-P < 0,05 (nilai-P = 0,6401) untuk membandingkan intersep. Ini berarti kedua regresi hubungan DC-IU populasi Tiwoho dan populasi Kampung Ambong memiliki kesamaan kemiringan dan juga kesamaan intersep pada tingkat kepercayaan 95%. Ini berarti kedua regresi hubungan DC-IU populasi Tiwoho dan populasi Kampung Ambong adalah identik.

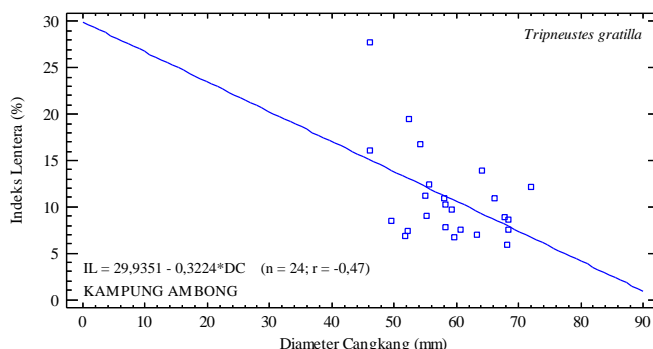
Sama seperti dua indeks sebelumnya, hubungan IL-DC bulu babi *T. gratilla*, dari Tiwoho dan Kampung Ambong telah dicocokkan dengan model linear (Gambar 11 dan Gambar 12). Persamaan linear sederhananya adalah sebagai berikut: Tiwoho, $IL = 6,4927 + 0,0920118*DC$; Kampung Ambong, $IL = 29,9351 - 0,322424*DC$. Koefisien korelasi (r) masing-masing sebesar 0,16 di Tiwoho dan -0,47 di Kampung Ambong menunjukkan hubungan yang relatif lemah antara kedua variabel pada kedua stasiun sampling tersebut. Statistik R² pada kedua stasiun sampling yang masing-masing 2,68% di Tiwoho dan 22,38% di Kampung Ambong menunjukkan persentase variasi

IL dijelaskan oleh variasi DC. Karena nilai-P dalam tabel ANOVA pada sampel Tiwoho (nilai-P = 0,52) lebih besar dari 0,05, maka dapat disimpulkan bahwa, secara statistik, tidak terdapat hubungan yang signifikan antara IL dan DC pada tingkat kepercayaan 95,0% di stasiun sampling Tiwoho atau IL tetap konstan dengan perubahan DC. Sedangkan pada sampel Kampung Ambong, nilai-P = 0,02 lebih kecil dari 0,05 yang berarti terdapat hubungan negatif yang nyata secara statistik antara IL dan DC pada tingkat kepercayaan 95%, atau dengan kata lain, IL berkurang dengan bertambahnya DC.

ANCOVA untuk membandingkan dua garis regresi linear (hubungan DC-IL) bulu babi *T. gratilla* populasi Tiwoho dan Kampung Ambong menunjukkan rasio-F = 4,76 dengan nilai-P < 0,05 (nilai-P = 0,0354) untuk membandingkan kemiringan. Ini berarti kedua regresi hubungan DC-IL populasi Tiwoho dan populasi Kampung Ambong memiliki perbedaan kemiringan garis pada tingkat kepercayaan 95%.



Gambar 11. Hubungan linier antara indeks lentera dan diameter cangkang bulu babi *Tripneustes gratilla* di perairan pantai Tiwoho



Gambar 12. Hubungan linier antara indeks lentera dan diameter cangkang bulu babi *Tripneustes gratilla* di Kampung Ambong

PEMBAHASAN

Ukuran DC bulu babi *Tripneustes gratilla* populasi dari Tiwoho berkisar antara 51,58 - 82,18 mm dengan rata-rata adalah 69,04 mm, lebih besar dibandingkan dengan populasi dari Kampung Ambong berkisar dari 46,12 - 72,02 mm dengan rata-rata 58,78 mm. Di Pulau Kapoposan, Sulawesi Selatan, ukuran DC bulu babi *T. gratilla* berkisar 38 - 71mm (Tuwo, 1995), di Desa Liang, Ambon, berkisar 58,11 - 76,61 mm (Unepetty *et al.*, 2016), dan di selatan Guimaras, Filipina, berkisar 44 - 82 mm (Regalado *et al.*, 2010). Pertumbuhan *T. gratilla* tergolong cepat dan dapat mencapai 50 mm di tahun pertama (Maharavo, 1993), dan dapat mencapai DC maksimum 120 mm (Schultz, 2006) atau bahkan mencapai 152 mm (Miskelly, 2002). Musim dan jenis ketersediaan makanan dapat merupakan faktor nyata penyebab perbedaan dalam laju pertumbuhan dan ukuran maksimum yang dicapai oleh bulu babi; bulu babi dengan makanan terbatas menyerap kembali bahan skeletal sedangkan ketika makanan berlimpah, energi dialokasikan ke pertumbuhan gonad dan somatik (Regalado *et al.*, 2010). Demikian juga, selama masa kematangan gonad, bulu babi dalam kondisi nutrisi baik tidak bertumbuh dalam ukuran tetapi mengalokasikan energi ke produksi gonad dan ke cadangan yang disimpan dalam cangkang (Guillou dan Lumingas, 1999).

Walaupun kedua regresi hubungan DC-BT populasi Tiwoho dan populasi Kampung Ambong adalah identik, tetapi bulu babi *T. gratilla* populasi Tiwoho memiliki pola pertumbuhan berat isometrik sementara populasi Kampung Ambong memperlihatkan pola pertumbuhan allometrik negatif. Unepetty *et al.* (2016) menemukan pola pertumbuhan allometri negatif untuk spesies yang sama di Desa Liang Ambon, tetapi di Pulau Kapoposan Pangkep, Sulawesi Selatan, Tuwo (1995) mendapatkan pola pertumbuhan isometrik pada spesies tersebut. Penurunan berat jenis (berat spesifik) pada pola pertumbuhan berat allometrik negatif dapat diakibatkan karena menipisnya ketebalan cangkang atau berkurangnya cadangan

yang tersimpan dalam cangkang. Dan hal ini dapat berhubungan dengan ketersediaan makanan di lingkungan alami, periode reproduktif atau kondisi hidrodinamika lingkungan (Lumingas, 1994; Guillou dan Lumingas, 1999; Guillou *et al.*, 2000; Regalado *et al.*, 2010). Beberapa peneliti telah menunjukkan bahwa keterbatasan makanan dapat menghambat laju pertumbuhan dan dapat menyebabkan penyerapan kembali bahan dari dinding tubuh dan reduksi diameter cangkang (Ebert, 1968; Dix, 1972; Régis, 1979; Levitan, 1988, 1989, 1991).

Hubungan regresi perpangkatan DC-TC populasi Tiwoho dan populasi Kampung Ambong adalah identik dan kedua populasi tersebut menunjukkan pola pertumbuhan tinggi cangkang isometrik di mana penambahan TC proporsional dengan penambahan DCnya. Dengan kata lain, bentuk cangkang tetap konstan atau seirama dengan perubahan diameter cangkangnya. Pola pertumbuhan isometrik dalam hubungan TC-DC bulu babi juga ditemukan oleh Hasi *et al.* (2016) terhadap bulu babi *Helicidaris crassispina* di Malalayang dan di Tongkeina, Teluk Manado. Hubungan antara tinggi dan diameter cangkang sering menggambarkan variasi bentuk cangkang selama pertumbuhan (Lumingas, 1994). Kondisi hidrodinamika perairan dapat mempengaruhi bentuk cangkang. McPherson (1968) menyatakan bahwa di habitat terlindung, *Eucidaris tribuloides* pada umumnya memiliki bentuk lebih pipih. Lawrence (1987) menyatakan bahwa ada hubungan antara bentuk cangkang dan kekuatannya; bentuk cangkang yang bulat memiliki struktur lebih kuat dari pada bentuk pipih. Lumingas dan Guillou (1994) menemukan bahwa bulu babi *S. granularis* yang hidup di lokasi berarus dan bergelombang lebih bulat dibanding yang hidup di lokasi terlindung.

Nilai indeks gonad bulu babi *T. gratilla* tetap konstan pada berbagai ukuran DC pada kedua populasi, Tiwoho dan Kampung Ambong. Tetapi pada ukuran diameter cangkang yang sama, IG populasi Kampung Ambong lebih besar dari pada IG populasi Tiwoho. Muthiga (2005)

mendapatkan IG tetap konstan sebagai fungsi DC pada *T. gratilla* di Kenya. Tingginya nilai IG di Kampung Ambong dapat mengindikasikan ketersediaan makanan yang lebih banyak dibandingkan dengan ketersediaan makanan di Tiwoho. IG akan rendah pada kondisi ketersediaan makanan terbatas di alam (Guillou dan Lumingas, 1999; Guillou *et al.*, 2000).

Hubungan IU-DC pada dua populasi bulu babi *T. gratilla* menunjukkan nilai IU tetap konstan pada berbagai ukuran DC. Juga menunjukkan bahwa kedua regresi hubungan DC-IU populasi Tiwoho dan populasi Kampung Ambong adalah identik. Indeks usus bulu babi telah digunakan Régis (1979) untuk menggambarkan intensitas pengambilan makanan bulu babi secara makroskopis. IU akan rendah pada kondisi ketersediaan makanan terbatas di alam (Guillou dan Lumingas, 1999; Guillou *et al.*, 2000). Dalam penelitian ini, nilai indeks ini hanya menggambarkan kondisi ketersediaan makanan di lingkungan pada saat tertentu atau pada saat sampling, tidak menggambarkan kondisi makanan secara keseluruhan.

Hubungan IL-DC menunjukkan nilai IL tetap konstan dengan perubahan DC untuk populasi Tiwoho. Sedangkan untuk populasi Kampung Ambong, IL berkurang dengan bertambahnya DC, Kedua regresi hubungan DC-IL menunjukkan perbedaan kemiringan garis, dan ini berarti bahwa pada ukuran dewasa, IL bulu babi *T. gratilla* di Tiwoho lebih besar dari pada di Kampung Ambong. Beberapa penelitian baik di lapangan maupun secara eksperimental di laboratorium menunjukkan bahwa ukuran relatif lentera bervariasi menurut ketersediaan makanan; keterbatasan ketersediaan makanan menyebabkan peningkatan ukuran lentera karena lebih besar alokasi energi ke organ ini untuk meningkatkan perolehan energi mereka (Ebert, 1980, 1996; Black *et al.*, 1982, 1984; Edwards dan Ebert, 1991; Levitan, 1991; Lumingas, 1994; Lumingas dan Guillou, 1994; Guillou *et al.*, 2000). Menurut Ebert (1980), ukuran lentera dihubungkan dengan ukuran cangkangnya dapat digunakan untuk menduga nilai trofik lingkungan di mana bulu babi terdapat.

KESIMPULAN

Tidak adanya perbedaan bentuk cangkang bulu babi *T. gratilla* antara dua lokasi Tiwoho dan Kampung Ambong juga menggambarkan kondisi hidrodinamika perairan yang mirip antara kedua lokasi sampling. Namun, ketersediaan makanan yang berbeda di kedua lokasi tersebut dapat menjelaskan perbedaan strategi riwayat hidup kedua populasi bulu babi *T. gratilla*. Rendahnya ukuran relatif lentera dan tingginya indeks gonad di Kampung Ambong dapat menunjukkan lebih banyak ketersediaan makanan untuk bulu babi di lokasi tersebut dibandingkan dengan di Tiwoho. Perbedaan ketersediaan makanan di lingkungan diduga menentukan perbedaan strategi alokasi energi kedua populasi bulu babi *T. gratilla*.

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.
- Allen, G. R. 2008. Conservation hotspots of biodiversity and endemism for Indo-Pacific coral reef fishes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 5, 541-556.
- Allen, G. R., dan Werner, T. B. 2002. Coral reef fish assessment in the 'coral triangle' of southeastern Asia. *Environmental Biology of Fishes*, 65, 209-214.
- 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.
- Brasseur, L., E. Hennebert, L. Fievez, G. Caulier, F. Bureau, L. Tafforeau, P. Flammang, P. Gerbaux, dan I.

- Eeckhaut. 2017. The roles of spinochromes in four shallow water tropical sea urchins and their potential as bioactive pharmacological agents. *Mar. Drugs*, 15, 179.
- Clark, A. M. dan Rowe, F. W. E. 1971. *Monograph of shallow water Indo-West Pacific Echinoderms*. British Museum. London.
- Conklin, E. J. dan Smith, J. E. 2005. Abundance and spread of the invasive red algae, *Kappaphycus* spp., in Kane'ohe Bay, Hawai'i and an experimental assessment of management options. *Biological Invasions*, 7, 1029-1039.
- Dix, T. G. 1972. Biology of *Evechinus chloroticus* (Echinoidea: Echinometridae) from different localities. 4. Age, growth and size. *N.Z. J. Mar. Freshwater Res.* 6, 48-68.
- Dworjanyn, S. A., Pirozzi, I. dan Wenshan, L. 2007. The effect of the addition of algae feeding stimulants to artificial diets for the sea urchin *Tripneustes gratilla*. *Aquaculture*, 273, 624-633.
- Dworjanyn, S. A., Pirozzi, I. dan Liu, W. 2007. The effect of the addition of algae feeding stimulants to artificial diets of the sea urchin *Tripneustes gratilla*. *Aquaculture* 273, 624-633.
- Ebert, T. A. 1980. Relative growth of sea urchin jaws: an example of plastic resource allocation. *Bull. Mar. Sci.*, 30, 467-474.
- Ebert, T. A. 1996. Adaptive aspects of phenotypic plasticity in echinoderms. *Oceanologica Acta* 19, 347-355.
- Ebert, T.A., 1968. Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine ablation. *Ecology* 49, 1075-1091.
- 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.
- FAO. 2019. FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics. 2017/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture. 2017/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura. 2017. Rome/Roma, FAO. 108 hal.
- Guillou, M. dan Lumingas, L. J. L., 1999. Variation in the reproductive strategy of the sea urchin *Sphaerechinus granularis* (Echinodermata: Echinoidea) related to food availability. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 79, 131-136.
- Guillou, M., Lumingas, L. J. L. dan Michel, C. 2000. The effect of feeding or starvation on resource allocation to body components during the reproductive cycle of the sea urchin *Sphaerechinus granularis* (Lamarck). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 245, 183-196.
- Hasi, M. S., Lumingas, L. J. L dan Lohoo, A. V. 2016. Analisis allometri dan indeks fisiologis bulu babi *Heliocidaris crassispina* (A. Agassiz, 1864) (Camarodonta, Echinometridae) di rataan terumbu Tongkeina dan Malalayang Dua, Manado, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. 4 (2), 45-55.
- Huxley, J. S. 1932. Problems of relative growth. Methuen: London.
- Huxley, J. S. dan Teissier, G. 1936. Terminology of relative growth. *Nature*, 137, 780-781.
- Junio-Meñez, M. A., Bangi, H. G. B., Malay, M. C. dan Pastor, D. 2008. Enhancing the recovery of depleted *Tripneustes gratilla* stocks through grow-out culture and restocking. *Reviews in Fisheries Science*, 16, 35-43.
- Junio-Meñez, M. A., Macawaris, N. D. dan Bangi, H. G. B. 1998. Community based sea urchin (*Tripneustes gratilla*) grow-out culture as a resource management tool. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 125, 393-399.
- Kasim, M. 2009. Grazing activity of the sea urchin *Tripneustes gratilla* in tropical seagrass beds of Buton Island southeast Sulawesi, Indonesia. *Journal of Coastal Development*, 13, 19-27.
- Lawrence, J. M. 2007. Edible sea urchins: use and life-history strategies. *Dalam: Lawrence, J.M. (Ed.), Edible Sea*

- Urchins: Biology and Ecology, 2nd ed. Elsevier, Amsterdam, hal. 1-9.
- Levitan, D. R. 1988. Density-dependent size regulation and negative growth in the sea urchin *Diadema antillarum* Philippi. *Oecologia*, 76, 627-629.
- Levitan, D. R. 1989. Density-dependent size regulation in *Diadema antillarum*: effects on fecundity and survivorship. *Ecology* 70, 1414-1424.
- 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.
- 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.
- Liu, Y., H. Yan, K. Wen, J. Zhang, T. Xu, L. Wang, X. Zhou, and X. Yang. 2011. Identification of epidioxysterol from South China sea urchin *Tripneustes gratilla* Linnaeus and its cytotoxic activity. *J. Food Biochem.*, 35, 932-938.
- 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.
- Maharavo, J. 1993. Etude de l'oursin comestible *Tripneustes gratilla* (L. 1758) dans la région de Nosy-Bé (Côte Nord-ouest de Madagascar): densité, morphométrie, nutrition, croissance, processus reproducteurs, impact de l'exploitation sur les populations. Thesis. Docteur en Sciences, Université de Aix-Marseille III, Marseille.
- McPherson, B. F. 1968. Contribution to the biology of the sea urchin *Euclidaris tribuloides* (Lamarck). *Bull. Mar. Sci.*, 18, 400-443.
- Miskelly, A. 2002. *Sea urchins of Australia and the Indo-Pacific*. Capricornica Publications: Sydney, hal. 180.
- Muthiga, N. A. 2005. Testing for the effects of seasonal and lunar periodicity on the reproduction of the edible sea urchin *Tripneustes gratilla* (L) in Kenyan coral reef lagoons. *Hydrobiologia*, 549, 57-64
- 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.
- Regalado, J. M., Campos, W. L. dan Santillan, A. S. 2010. Population biology of *Tripneustes gratilla* (Linnaeus) (Echinodermata) in seagrass beds of southern Guimaras, Philippines. *Science Diliman*, 22 (2), 41-49
- Régis, M. B. 1979. Analyse des fluctuations des indices physiologiques chez deux échinoids (*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).
- Schultz, H. 2006. *Sea urchins: a guide to worldwide shallow water species*. Third edition. Heinke & Peter Schultz Partner Scientific Publications: Hemdingen. 484 hal.
- 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.
- Stimson, J., Cunha, T. dan Philippoff, J. 2007. Food preferences and related behavior of the browsing sea urchin *Tripneustes gratilla* (Linnaeus) and its potential for use as a biological control agent. *Marine Biology*, 151, 1761-1772.
- Tuwo, A. 1995. Aspek biologi bulu babi jenis *Tripneustes gratilla* di Pulau Kapoposan, Dati II Pangkep,

- Sulawesi Selatan. *Oseana*, 22 (1), 20-29
- Uneputty, P. A., Pattikawa, J. A. dan Rijoly, F. 2016. Status populasi bulu babi *Tripneustes gratilla* di perairan Desa Liang, Pulau Ambon. *Omni-Akuatika*, 12 (3), 98-105.
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., Jackson, J. B. C., Lotze, H. K., Micheli, F., Palumbi, S. R., Sala, E., Selkoe, K. A., Stachowicz, J. J. dan Watson, R. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314, 787-60.