

Morfologi dan Geometri Morfometri *Holthuisana* sp. (Crustacea, Decapoda, Gecarcinucidae) dari Danau Sentani, Papua

RURY EPRILURAHMAN*, BURHAN AMIRUDIEN, TRIJOKO

Laboratorium Sistematika Hewan, Departemen Biologi Tropika, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta

Diterima: 2 Januari 2022 – Disetujui: 17 September 2022
© 2022 Jurusan Biologi FMIPA Universitas Cenderawasih

ABSTRACT

Holthuisana is a freshwater crab member of the family Gecarcinucidae which has a distribution in eastern Indonesia to Australia. This study was aimed to determine the variations in the shape of carapace and *chelae* within genus *Holthuisana* collected from Sentani Lake, Papua using analysis of geometric morphometric. The morphological characters confirmed the specimen examined belong to genus *Holthuisana*. The results showed that male crabs had slightly larger carapace length and width than females. The length and width of the large *chelae* in male crabs are greater than that of females. The ratio of carapace length and width to male is 6:5, and female is 5:4. The ratio of the length and width of the *chelae* (propodus) in male crabs is 9:5, and in females 2:1. Based on the 16 landmarks of carapace, there are no significant different between male and female crabs. Thus, based on 12 landmarks of *chelae*, the large right cheliped shows different variations between males and females. The large right cheliped of the males shows more convex on plex and propodus compare to the females. The large left cheliped shows variations that are not much different.

Key words: freshwater crab; geometric morphometrics; morphological characters; New Guinea.

PENDAHULUAN

Kepiting memiliki habitat yang sangat beragam mulai dari perairan laut, payau sampai perairan tawar dengan kondisi air tenang atau mengalir, berarus lambat sampai berarus deras (Garth, 1991; Martin & Davis, 2001; Ng, 2004; Dobson *et al.*, 2007). Kepiting air tawar dapat hidup di daratan dalam waktu yang lebih lama tanpa harus kembali ke dalam air sehingga memiliki sifat hidup terestrial maupun semi-terestrial (Tantri, 2016). Kepiting air tawar infraordo Brachyura merupakan anggota kelompok Decapoda yang tersebar di perairan di seluruh dunia. Kepiting air tawar di Asia

Tenggara didominasi oleh famili Potamidae, Gecarcinucidae dan Parathelphusidae (Ng, 2004; Ng *et al.* 2008; Ng, 2014; Cumberlidge, 2011).

Secara umum, bagian-bagian tubuh kepiting terdiri atas karapas yang melebar, dan abdomen yang melipat di bawah *thorax* (Ng *et al.*, 2008). *Pereiopod* pertama pada kepiting air tawar termodifikasi menjadi penjepit (*cheliped*), dan empat pasang kaki lainnya adalah kaki jalan yang tidak terspesialisasi (Yeo *et al.*, 2008). *Pereiopod* pertama dari Brachyura memiliki *chela*, dan kaki jalan berada di samping tubuh. Karapas biasanya melebar secara lateral, bergabung dengan *epistome*, terdiri atas 5 *somites cephal* dan 3 *somites thorax* (dengan maksiliped), *thorax* dengan 5 *somites*. Bagian depan biasanya terlihat jelas, menyempit, atau triangular. Terdapat *linea lateralis homolicea* atau *linea brachyura* (secara lateral, subventral, atau dorsal) pada karapas (Ng *et al.*, 2008).

Holthuisana merupakan spesies kepiting air tawar yang memiliki persebaran di wilayah Papua

* Alamat korespondensi:

Laboratorium Sistematika Hewan, Departemen Biologi Tropika, Fakultas Biologi, UGM. Jl. Teknik Selatan, Sekip Utara, Yogyakarta, 55281, Indonesia, E-mail: rurybioug@ugm.ac.id

dan Australia (Short, 2008; Klaus *et al.*, 2009). Salah satu karakter morfologis yang menarik untuk dipelajari pada kelompok kepiting adalah morfometri dan geometri morfometri. Studi morfometri dapat menggambarkan bentuk populasi dan spesies pada rentang geografis dan sebagai bukti perbedaan regional (Torres *et al.*, 2014). Karakter morfometri yang biasa digunakan dalam taksonomi kepiting adalah bentuk dan panjang karapas, bentuk abdomen, jumlah duri pada *anterolateral margin* dan *frontal margin*, bentuk capit (*chela*). Morfometri merupakan metode standar dalam menentukan karakter morfologi.

Geometri morfometri bersifat kuantitatif karena menggunakan perhitungan statistik dan mengamati bentuk melalui titik *landmark* yang membentuk karakter individu berdasarkan visualisasi bentuk (Adam *et al.*, 2004; Rufino *et al.*, 2009). Selain menggunakan titik-titik koordinat yang disebut *landmark*, geometri morfometri juga memperhitungkan jarak dan sudut (Slice, 2007). Geometri morfometri diketahui lebih kompleks dibandingkan dengan morfometri karena berbasis pada analisis penggambaran bentuk dalam koordinat kartesius. Analisis geometri morfometri pada kepiting air tawar *Holthuisana* dilakukan untuk mendapatkan variasi bentuk karapas dan capit terutama pada populasi di Danau Sentani, Papua.

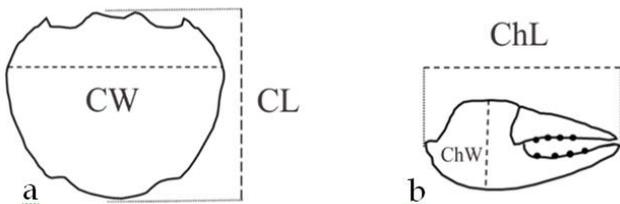
METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

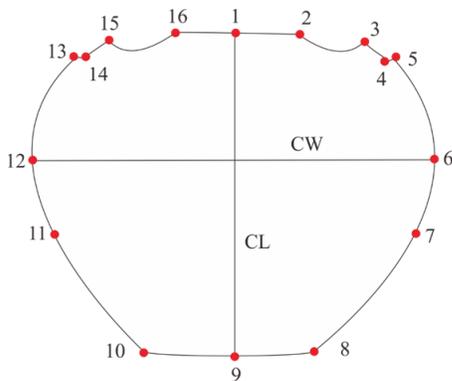
Spesimen *Holthuisana* pada penelitian ini merupakan koleksi Laboratorium Sistematika Hewan yang dikoleksi pada tanggal 11 Juli 2010 di Danau Sentani, Jayapura, Papua (2°41'23,2"S; 140°35'2,5"E). Pengamatan morfologi dan geometri morfometri dilakukan mulai dari bulan September sampai November 2020 di Laboratorium Sistematika Hewan Fakultas Biologi, UGM Yogyakarta.

Pelaksanaan Penelitian

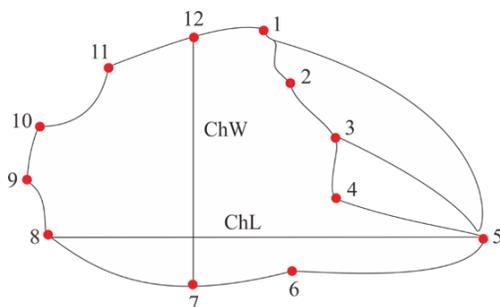
Holthuisana dari Danau Sentani terdiri dari 36 ekor individu jantan dan 14 ekor individu betina. Alat-alat yang digunakan untuk pelaksanaan identifikasi morfologi antara lain adalah kamera Nikon D5300 untuk mengambil foto spesimen, mikroskop stereo untuk mengamati morfologi kepiting, jangka sorong (0,05 mm) untuk melakukan morfometri kepiting, kertas milimeter blok sebagai alas untuk mengambil foto spesimen, pinset untuk mengambil spesimen. Selain itu, dibutuhkan baki sebagai wadah spesimen, studio mini sebagai tempat pengambilan gambar, penggaris, buku "*Freshwater Crustacea of The Mimika Region, Papua, Indonesia*" (Short, 2008) sebagai dasar untuk melakukan identifikasi, dan



Gambar 1. Skema morfometri kepiting. a. karapas dan b. capit.



Gambar 2. Posisi titik anatomis atau *landmark* bagian karapas *Holthuisana* sp.



Gambar 3. Posisi titik anatomis atau *landmark* bagian capit *Holthuisana* sp.

laptop yang dilengkapi dengan beberapa perangkat lunak untuk analisis di antaranya: *MorphoJ*, *tpsUtil*, *tpsDig2*, *tpsRewl*, *tpsSuper*, *tpsSpln*, dan *Notepad*.

Identifikasi karakter morfologis

Spesimen dipisahkan jenis kelaminnya berdasarkan bentuk abdomennya. Kepiting jantan memiliki abdomen tipis berbentuk mengerucut sedangkan betina lebih melebar. Pengamatan karakter morfologi sebagai dasar untuk melakukan identifikasi kepiting menggunakan mikroskop stereo. Bagian kepiting yang diamati antara lain bagian frontal karapas, antenula, maksiliped, mandibula, *gonopod*, dan *perieopod*. Karakter morfologi yang diperoleh digunakan untuk identifikasi menggunakan buku "*Freshwater Crustacea of The Mimika Region, Papua, Indonesia*" (Short, 2008).

Pengambilan foto

Bagian karapas dan capit kepiting difoto meliputi bagian dorsal karapas dan salah satu capit terbesar (kanan atau kiri) dari tiap sampel. Spesimen kepiting difoto dalam studio mini agar mendapatkan kualitas gambar yang maksimal dan jarak antara kamera dengan spesimen kurang lebih 20 cm. Foto bagian karapas dan capit sampel kepiting digunakan untuk konfigurasi titik *landmark* dan analisis variasi bentuk.

Analisis Data

Morfometri

Analisis statistik morfometri dilakukan menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* meliputi panjang karapas, lebar karapas, panjang capit dan lebar capit (Gambar 1; Tabel 1).

Geometri morfometri

Gambar bagian karapas dan capit kepiting air tawar dianalisis dengan menggunakan beberapa software yaitu *tpsUtil*, *tpsDig*, *tpsRelw*, *tpsSpln*, *tpsSuper*, dan *MorphoJ*. Setiap gambar karapas dan capit kepiting didigitasi dengan menggunakan program *tpsDig2* (Rohlf, 2016) untuk mendapatkan koordinat titik anatomis. Deskripsi bagian karapas kepiting menggunakan 16 titik

landmark (Gambar 2) dan pada bagian capit kepiting dilakukan dengan menggunakan 12 titik *landmark* (Gambar 3). Keterangan titik *landmark* karapas dideskripsikan pada Tabel 2 (Bhosale *et al.*, 2017). Keterangan titik *landmark* capit dideskripsikan pada Tabel 3 (Bhosale *et al.*, 2017).

Tabel 1. Bagian karapas dan capit kepiting yang digunakan untuk morfometri.

Kode	Keterangan
CW	Lebar karapas (<i>carapace width</i>) diukur berdasarkan jarak terlebar dari lateral margin
CL	Panjang karapas (<i>carapace length</i>) diukur dari <i>frontal margin</i> sampai <i>posterior margin</i>
ChL	Panjang capit (<i>cheliped length</i>) diukur dari ujung <i>polex</i> sampai batas antara <i>propodus</i> dengan <i>carpus</i>
ChW	Lebar capit (<i>cheliped width</i>) diukur berdasarkan jarak terlebar dari <i>propodus</i>

Tabel 2. *Landmark* dan deskripsi yang digunakan untuk morfometri karapas *Holthuisana* sp.

<i>Landmark</i>	Deskripsi
1-9	Tinggi karapas
6-12	Lebar karapas
7-11	Lebar karapas melewati lekuk H
5-13	Lebar karapas atas 1
4-14	Lebar karapas atas 2
9-12	Lebar karapas posterolateral kiri
6-9	Lebar karapas posterolateral kanan
1-12	Lebar karapas anterolateral kiri
1-6	Lebar karapas anterolateral kanan
3-15	Lebar <i>exorbital</i>
2-16	Lebar frontal
8-10	Lebar posterior
2-3	Lebar orbital
5	Gigi <i>epibranchial</i>
3	Sudut <i>exorbital</i>
4	Lekuk antara gigi <i>epibranchial</i> dan sudut <i>exorbital</i>
1	Titik tengah anterior
9	Titik tengah posterior

Tabel 3. *Landmark* dan deskripsi yang digunakan untuk morfometri capit *Holthuisana* sp.

<i>Landmark</i>	Deskripsi
1	Titik atas yang menandai persimpangan <i>dactylus</i> dengan <i>propodus</i>
3	Titik bawah yang menandai persimpangan <i>dactylus</i> dengan <i>propodus</i>
1-3	Batas antara <i>dactylus</i> dengan <i>propodus</i>
5	Ujung <i>polex</i>
6	Lekuk bawah <i>propodus</i>
7-12	Lebar capit (<i>cheliped</i>)
8	Persimpangan antara <i>polex</i> dan manus di batas inferior <i>propodus</i>
9	Titik perlekatan bawah dari <i>carpus</i> dengan <i>propodus</i>
10	Titik perlekatan atas dari <i>carpus</i> dengan <i>propodus</i>
9-10	Batas antara <i>carpus</i> dengan <i>propodus</i>
11	Titik perlekatan atas dari <i>carpus</i> dengan <i>propodus</i>

File dokumentasi sampel (.jpg) diganti formatnya sebagai file tps (.tps) menggunakan perangkat lunak *tpsUtil*. Selanjutnya digitasi *landmark* menggunakan perangkat lunak *tpsDig*. Hasil digitasi *landmark* dihitung nilai rata-rata koordinat (konsensus) dari setiap ulangan dengan perangkat lunak *tpsRelw* (Rohlf, 2016). Visualisasi hasil digitasi rata-rata spesies menggunakan perangkat lunak *tpsSuper*. Visualisasi bentuk grid deformasi karapas dan capit kepiting *Holthuisana* sp. jantan dan betina menggunakan perangkat lunak *tpsSplin* untuk melihat variasi setiap titik dalam grid deformasi bentuk tidak seragam (Rohlf, 2016). Ketidakteraturan komponen mencerminkan perubahan spesifik pada titik-titik anatomis tertentu sehingga dapat diketahui perubahan dari grid deformasinya (Zelditch *et al.*, 2012).

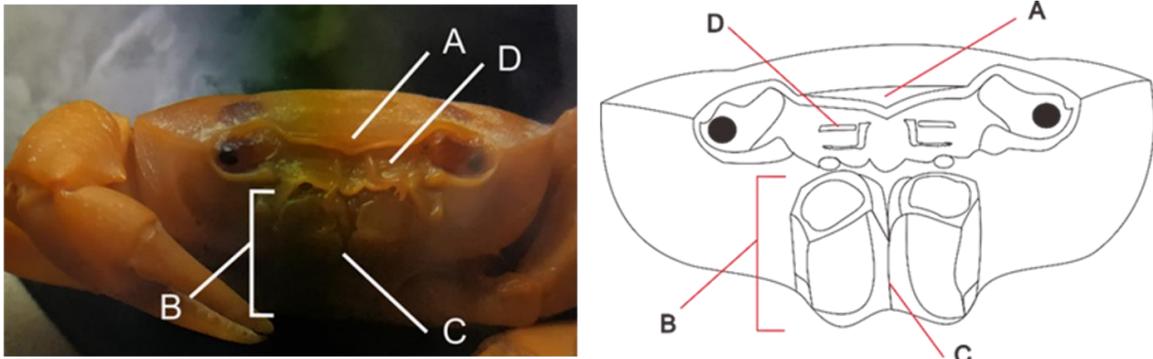
Geometri morfometri dan analisis statistik dilakukan secara terpisah dengan program

MorphoJ. *MorphoJ* adalah perangkat lunak yang bertujuan menyediakan lingkungan yang mudah digunakan untuk memasukkan serangkaian analisis yang biasa dilakukan dalam geometri morfometri. Titik anatomi *landmark* secara optimal disejajarkan dengan Analisis Procrustes untuk menghapus efek skala (Rohlf & Marcus, 1993). Bentuk variabel (koordinat Procrustes) dan ukuran *centroid* (CS) digunakan dalam analisis morfometri dan statistik. Pola variasi bentuk dinilai dengan melakukan *Principal component Analysis* (PCA) pada koordinat Procrustes. PCA merupakan salah satu jenis analisis multivariat yang umum digunakan untuk menguji hubungan antara variabel-variabel morfologi dan mengidentifikasi atau mendeteksi kombinasi linear dari variabel-variabel tersebut.

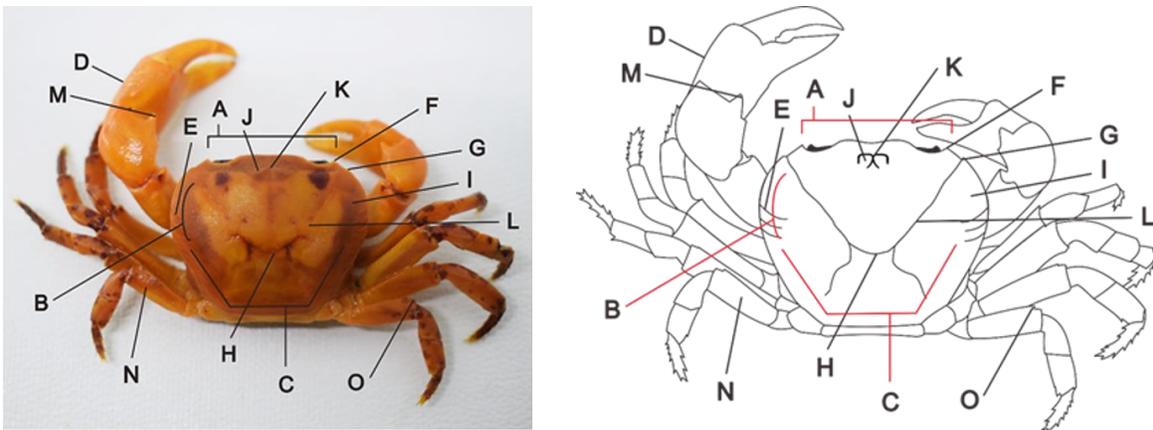
HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Morfologi dan Morfometri

Individu jantan sering digunakan sebagai spesimen utama dalam melakukan identifikasi karena mengandung lebih banyak karakter daripada betina. Deskripsi yang sesuai untuk spesimen dari Danau Sentani, Papua adalah tubuh berbentuk pipih dengan ekor kecil tersembunyi di bawah tubuh, ekor tanpa kipas ekor. Karapas terkalsifikasi baik dan keras serta tidak terdapat duri di antara mata, area sekitar mata halus dan tidak meruncing (Gambar 4). Tidak terdapat celah rhomboidal yang berbeda di antara maksiliped ketiga saat tertutup (Gambar 4-C). Mandibula dan bagian-bagian mulut lainnya tidak pernah terlihat dan tersembunyi di belakang maksiliped ketiga saat tertutup (Gambar 4-C). Antenule melipat secara transversal (Gambar 4-D). Kaki jalan (*pereiopod*) ke 2 sampai 5 tidak berkembang baik untuk berenang (Gambar 5-N). Bentuk *pereiopod* tidak terlihat seperti dayung "paddle-like".



Gambar 4. Margin frontal *Hotlhuisana* sp. A. segitiga di tengah frontal margin, B. maksiliped ketiga, C. Rhomboidal (tidak bercelah), D. Antenula (melipat secara transversal).



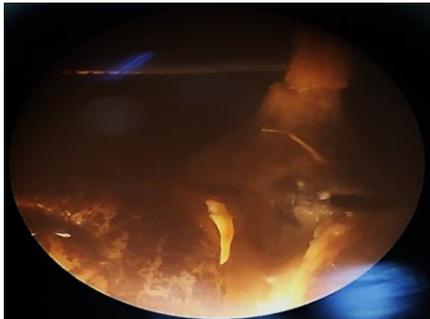
Gambar 5. Margin dorsal *Hotlhuisana* sp. A. margin frontal, B. margin anterolateral, C. margin antero-posterior, D. capit (cheliped), E. striae, F. sudut exorbital, G. gigi epibranchial, H. bentukan H pada area gastric, I. branchial, J. lobus epigastric, K. alur mesogastric, L. alur servical, M. duri (spine), N. kaki jalan (pereopod), O. subterminal merus spine.

Hasil pengamatan yang didapatkan adalah segitiga tengah pada *frontal margin* yang terlihat jelas dan berkembang baik. Batas atas segitiga terlihat jelas (Gambar 4). Sampel kepiting yang diukur memiliki lebar *exorbital* yang lebih besar dari setengah lebar karapas. Lebar *exorbital* adalah 13,6 mm, sedangkan lebar karapas adalah 19,7 mm. *Gonopod* jantan pertama tanpa segmen terminal dan subterminal yang jelas (Gambar 6). Margin anterolateral karapas agak cembung. Lebar karapas maksimal terletak di sepertiga panjang karapas. Permukaan karapas bagian dorsal memiliki alur yang terlihat jelas dan berkembang baik. Kaki jalan (*pereiopod*) ke 2 sampai 5 pendek tetapi cukup lebar. Sampel kepiting memiliki panjang *pereiopod* ke 2 kurang dari dua kali panjang karapas. Panjang *pereiopod*

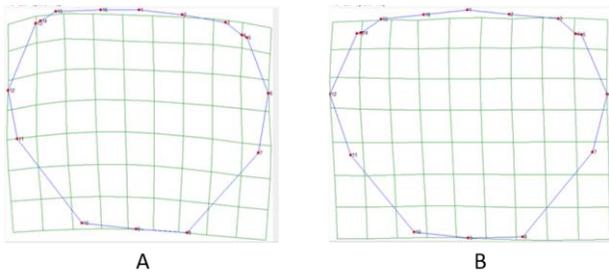
ke 2 adalah 25,2 mm, dan panjang karapas 16,4 mm.

Karapas halus, tampak seperti dipoles, antero-posterior (Gambar 5-C) cembung, dan margin frontal atas (Gambar 5-A) cekung. Margin anterolateral (Gambar 5-B) cembung, kulit permukaan dorsal samping (*striae*) (Gambar 5-E) pada karapas hampir mulus tanpa tonjolan. Sudut *exorbital* (Gambar 5-F) menonjol, gigi *epibranchial* (Gambar 5-G) rendah dan tumpul, hampir bertemu dengan margin anterolateral, tidak terdapat takik (*notch*) pada *epibranchial* (Gambar 5-G). Karapas dorsal dengan area yang terbentuk jelas dan beralur (Gambar 5). Area *branchial* (Gambar 5-I) cukup menonjol, *lobus epigastric* (Gambar 5-J) berkembang baik, alur *mesogastric* (Gambar 5-K) terlihat dalam dan jelas, dan alur

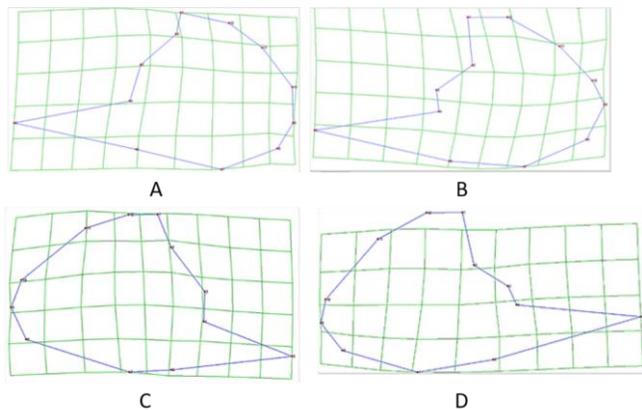
cervical (Gambar 5-L) terlihat jelas, bentukan H pada area *gastric* (Gambar 5-H) terlihat dalam dan jelas. *Capit* (Gambar 5-D) jantan berbeda ukuran antara kanan dan kiri, *carpus* bagian dalam memiliki duri (*spine*) yang berkembang baik (Gambar 5-M). *Merus* pada *pereiopod* memiliki gigi subterminal (Gambar 5-N) tumpul pada margin atas. Berdasarkan diagnosis yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa sampel kepiting termasuk



Gambar 6. *Gonopod* jantan pertama tanpa segmen terminal dan subterminal.



Gambar 7. Variasi bentuk dalam grid deformasi karapas *Holthuisana* sp. A. jantan dan B. betina.



Gambar 8. Variasi bentuk dalam grid deformasi capit *Holthuisana* sp. jantan (A. kiri dan C. kanan) dan betina; (B. kiri dan D. kanan).

dalam spesies *Holthuisana* sp. (Short, 2008).

Secara kuantitatif deskriptif, morfometri karapas dan capit menunjukkan hasil sebagai berikut. Berdasarkan Tabel 4, kepiting *Holthuisana* sp. jantan memiliki rata-rata panjang dan lebar karapas yang lebih besar daripada betina.

Berdasarkan Tabel 5, terdapat dua variasi capit antara jantan dan betina. Seperti halnya pada karakter karapas, capit pada individu jantan lebih panjang dan lebar dibandingkan dengan individu betina.

Secara umum, individu jantan memiliki bagian tubuh (karapas dan capit) yang lebih besar dikarenakan kepiting jantan cenderung bersifat agresif dalam mencari makan, sehingga energi yang diperoleh untuk pertumbuhan akan menjadi lebih tinggi (Wijaya *et al.*, 2010; Sentosa & Syam, 2011). Perbandingan ukuran panjang dan lebar karapas jantan adalah 6:5 dan betina 5:4. Sedangkan perbandingan ukuran panjang dan lebar capit (*propodus*) pada kepiting jantan adalah 9:5, dan betina 2 : 1.

Geometri Morfometri Karapas dan Capit

Variasi dalam geometri morfometri ditunjukkan melalui visualisasi perbedaan dan perubahan bentuk. Grid deformasi menggambarkan perbedaan bentuk antara dua konfigurasi *landmark*. Grid deformasi dianalisis menggunakan software *tpsSplin*. Dalam penelitian ini, grid deformasi berfungsi untuk memperoleh visualisasi variasi bentuk berdasarkan letak setiap titik *landmark* antara kepiting jantan dan betina.

Bentuk setiap grid dipengaruhi oleh *bending energy*. *Bending energy* adalah ukuran perbedaan bentuk antara dua konfigurasi *landmark* yang tidak memerlukan superimposisi procrustes dari konfigurasi dan biasanya tidak digunakan dalam analisis statistik. *Bending energy* menunjukkan besaran energi yang diperlukan pada bentuk suatu objek agar dapat berubah menjadi bentuk rata-rata seluruh spesies.

Grid deformasi menunjukkan arah pergerakan titik-titik *landmark* pada bagian karapas dan capit kepiting *Holthuisana*. Berdasarkan hasil grid deformasi bentuk karapas (Gambar 7), *bending energy* jantan dan betina

Tabel 4. Morfometri karapas *Holthuisana* sp. dari Danau Sentani, Papua

Karakter	Jantan (n=36)		Betina (n=14)	
	Kisaran	Rerata \pm SD	Kisaran	Rerata \pm SD
Panjang karapas	13,10–21,55	17,76 \pm 1,87	12,60–23,10	17,37 \pm 2,97
Lebar karapas	15,30–27,10	21,31 \pm 2,54	15,60–27,45	20,69 \pm 3,45

Tabel 5. Morfometri capit *Holthuisana* sp. dari Danau Sentani, Papua

Karakter	Capit kanan besar				Capit kiri besar			
	Jantan (n=17)		Betina (n=8)		Jantan (n=19)		Betina (n=6)	
	Kisaran	Rerata \pm SD	Kisaran	Rerata \pm SD	Kisaran	Rerata \pm SD	Kisaran	Rerata \pm SD
Panjang capit	13,8–27,1	18,73 \pm 3,35	7,45–18,15	12,68 \pm 3,1	10,4–20,9	16,68 \pm 2,9	11,2–19,30	15,09 \pm 3,33
Lebar Capit	7,55–4,45	10,39 \pm 2,09	3,65–9,75	6,43 \pm 1,77	5,2–10,7	8,84 \pm 1,51	6,1–9,75	7,73 \pm 1,51

menunjukkan hasil yang tidak berbeda jauh. Hal ini dapat disebabkan keping jantan dan betina adalah satu spesies. Kepiting *Holthuisana* sp. jantan memiliki *bending energy* yang lebih kecil yaitu sebesar 0,03070 dibandingkan keping *Holthuisana* sp. betina sebesar 0,03403 (Tabel 6). *Bending energy* keping jantan lebih kecil artinya bentuk karapas keping tersebut berdasarkan grid deformasi memiliki bentuk yang mendekati bentuk rata-rata karena hanya membutuhkan *bending energy* yang lebih kecil untuk mengubah bentuk menjadi seperti bentuk rata-rata atau konsensus karapas.

Karapas betina titik *landmark* 1 menunjukkan area *frontal margin* yang lebih memanjang ke depan daripada karapas jantan. Titik *landmark* 11 pada karapas jantan memanjang ke arah lateral kiri sehingga memiliki jarak yang lebih dekat ke titik *landmark* 12 tetapi memiliki jarak yang lebih jauh ke titik *landmark* 10. Titik *landmark* 10-12 merupakan area margin posterolateral pada keping jantan yang lebih memanjang tetapi tidak jauh berbeda dengan keping betina.

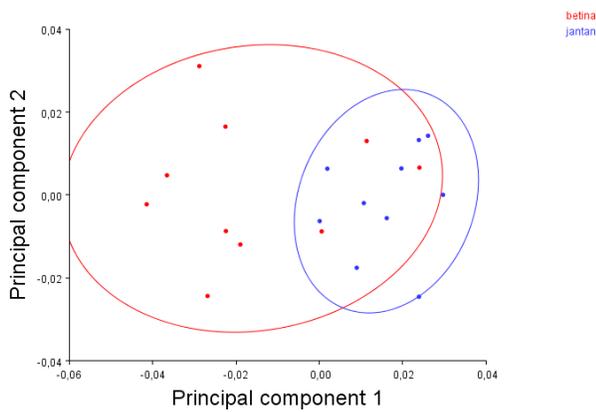
Tabel 6. Nilai *bending energy* dan *angle* pada bentuk karapas pada *Holthuisana* sp. jantan dan betina.

Jenis kelamin	<i>Energy</i>	<i>Angle</i>
Jantan	0,03070	0,02533
Betina	0,03403	0,03141

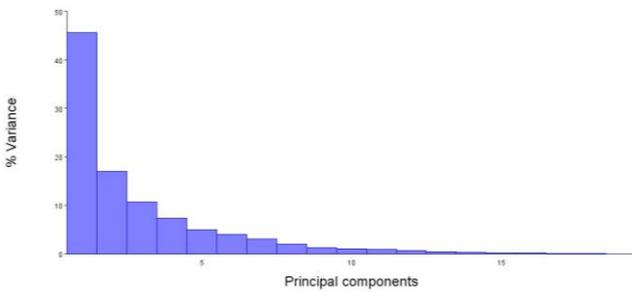
Berdasarkan hasil grid deformasi bentuk capit keping *Holthuisana* sp. (Gambar 8), capit keping

jantan dan betina memiliki dua variasi capit yaitu capit kanan besar dan capit kiri besar. Perbedaan capit pada spesies *Holthuisana* sp. bukan merupakan dimorfisme seksual, karena baik jantan maupun betina memiliki capit yang terbesar di kanan atau kiri individu. Capit kanan besar pada betina memiliki *bending energy* yang lebih kecil daripada capit kanan besar pada jantan yaitu sebesar 0,03180 yang menunjukkan besaran energi yang lebih kecil untuk menyerupai bentuk rata-rata atau konsensus capit. Dapat dilihat pada grid deformasi TPS, pada capit betina titik *landmark* 1 yang menandai persimpangan *dactylus* dengan *propodus* lebih memanjang ke titik *landmark* 2. Titik *landmark* 2, 3, dan 4 menyempit ke arah lateral kanan. Titik *landmark* 6 sedikit turun ke bawah dibandingkan pada jantan, sehingga *polex* terlihat lebih melengkung. Secara keseluruhan, grid deformasi menunjukkan bahwa capit kanan besar betina terlihat lebih ramping dibandingkan jantan.

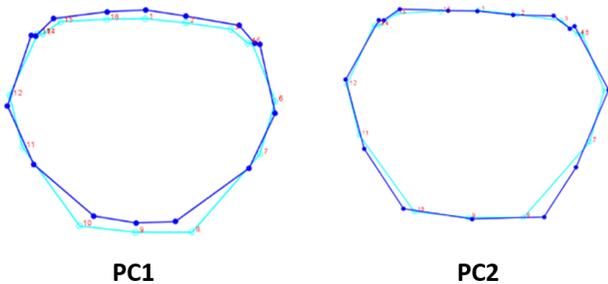
Berbeda dengan capit kiri besar pada jantan yang memiliki nilai *bending energy* lebih kecil yaitu sebesar 0,03673 yang menunjukkan besaran energi yang diperlukan bentuk capit agar dapat berubah lebih besar dibandingkan betina yaitu sebesar 0,05387 (Tabel 7). Pada capit kiri besar jantan, titik *landmark* 1 rendah dan menyempit ke arah titik *landmark* 2, berbeda dengan capit kiri betina, terlihat jelas bahwa titik *landmark* 1 lebih memanjang ke arah titik *landmark* 2. Perbedaan paling tinggi juga terdapat pada titik *landmark* 2, 3,



Gambar 9. Grafik *morphospace* *Principal Component Analysis* (PCA) dari variasi bentuk karapas kepiting *Holthuisana* sp. jantan dan betina, PC1=45,67%, PC2=16,99%, jumlah total variasi 62,66%.



Gambar 10. Grafik *Eigenvalues* menunjukkan besaran nilai setiap PC karapas kepiting *Holthuisana* sp. jantan dan betina.



Gambar 11. Visualisasi *wireframe* variasi bentuk karapas pada (A) PC 1 dan (B) PC 2 dari analisis geometri morfometri berdasarkan nilai *eigenvector*. Garis biru terang mewakili konfigurasi spesimen rata-rata, *landmark* biru tua mewakili bentuk ekstrim pada variasi karapas.

dan 4, pada capit kiri besar kepiting jantan bergerak ke arah lateral kanan sehingga terlihat

lebih lebar dan cembung dibandingkan dengan keping betina.

Tabel 7. Nilai *bending energy* dan *angle* pada bentuk capit pada *Holthuisana* sp. jantan dan betina.

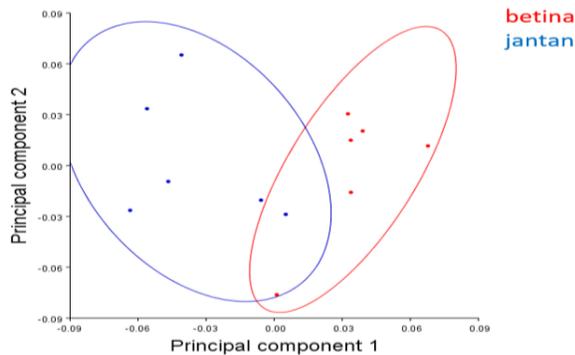
Karakter	Jantan		Betina	
	<i>Energy</i>	<i>Angle</i>	<i>Energy</i>	<i>Angle</i>
Capit kanan besar	0,0425	0,0517	0,0318	0,0509
Capit kiri besar	0,0367	0,0569	0,0539	0,0642

Pola variasi bentuk dinilai dengan melakukan *Principal Component Analysis* (PCA) pada koordinat *Procrustes*. PCA mampu memvisualisasikan dan mengeksplorasi variasi bentuk dengan cara representasi grafis dari bentuk di seluruh dimensi *morphospace* yang didefinisikan oleh skor PC (Zelditch *et al.*, 2012). Pengaruh tiap variasi bentuk terhadap persebaran spesimen pada *morphospace* PCA ditunjukkan oleh nilai *eigenvalue* dan *eigenvector*. Nilai *eigenvalue* menunjukkan besaran variasi yang ditunjukkan oleh masing-masing sumbu pada *morphospace* PCA, sedangkan nilai *eigenvector* menunjukkan proporsi pengaruh masing-masing koordinat titik *landmark* dan menghasilkan karakter yang berbeda untuk tiap sumbu dalam analisis PCA. Semakin besar nilai *eigenvector*-nya, karakter tersebut semakin berpengaruh dalam penentuan persebaran spesimen pada sumbu tertentu.

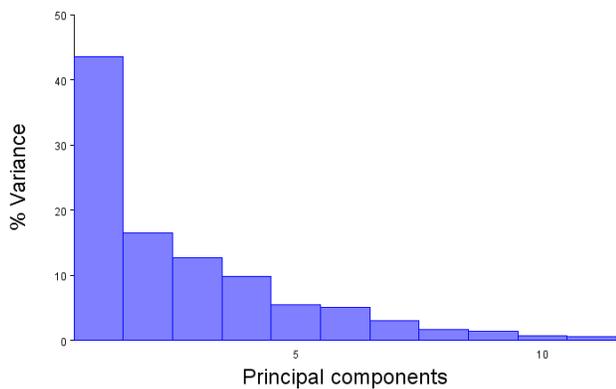
Distribusi kepiting *Holthuisana* divisualisasikan melalui *morphospace* PCA (*Principal Component Analysis*) (Gambar 9) dan grafik *eigenvalues* (Gambar 10). Titik-titik pada *morphospace* menunjukkan sebaran individu, individu jantan ditunjukkan dengan titik-titik berwarna biru sedangkan betina berwarna merah.

Dua *Principal Component* (PC) pertama pada *Holthuisana* sp. yang menjelaskan 62,66% dari total variasi bentuk karapas, dengan PC 1 menjelaskan 45,67%, dan PC 2 menjelaskan 16,99% dari total variasi. *Wireframe* pada Gambar 11 memvisualisasikan variasi bentuk karapas pada masing-masing sumbu PC. PC 1 mendeskripsikan margin posterolateral karapas. Gambar 11 menunjukkan variasi bentuk pada PC 1 yaitu sumbu X, di mana sumbu X memisahkan *morphospace* menjadi dua

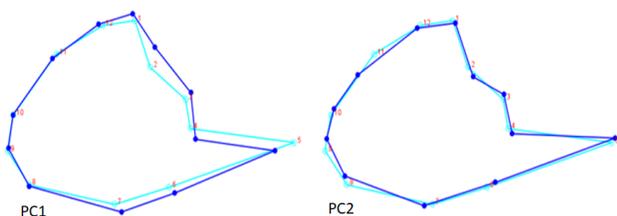
bagian, skor positif sebelah kanan dan skor negatif di sebelah kiri. Grafik menggambarkan spesimen jantan dan betina yang saling tumpang tindih pada skor positif, sedangkan keping betina



Gambar 12. Grafik *morphospace* PCA (*Principal Component Analysis*) dari variasi capit kanan besar keping *Holthuisana* sp. jantan dan betina, PC 1=43,49%, PC 2=16,48%, jumlah total variasi 59,97%.



Gambar 13. Grafik *Eigenvalues* menunjukkan besaran nilai setiap PC capit kanan besar keping *Holthuisana* sp. jantan dan betina.



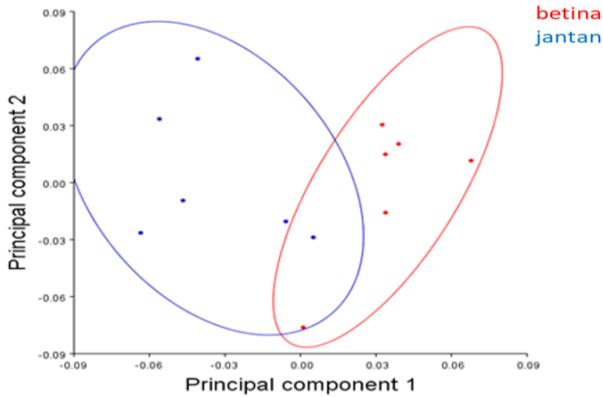
Gambar 14. Visualisasi *wireframe* variasi bentuk capit kanan besar pada PC1 dan PC2 dari analisis geometri morfometri berdasarkan nilai *eigenvector*. Garis biru terang mewakili konfigurasi spesimen rata-rata, *landmark* biru tua mewakili bentuk ekstrim pada variasi capit kanan besar.

memiliki skor negatif yang terpisah pada beberapa individunya. Spesimen dengan skor positif paling tinggi pada PC 1 yaitu keping jantan dengan margin posterolateral yang cenderung lebih panjang. Skor negatif yang paling tinggi pada PC 1 adalah betina dengan margin posterolateral yang cenderung lebih pendek.

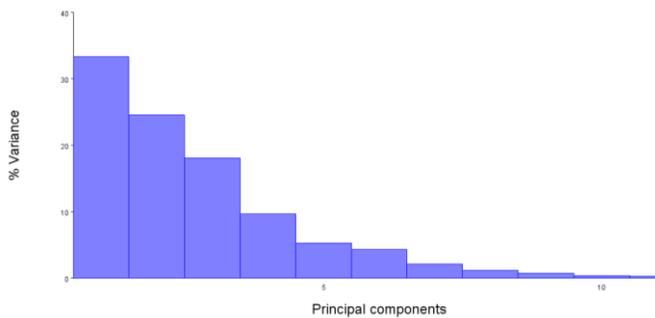
Variasi bentuk capit kanan besar keping *Holthuisana* sp. berdasarkan analisis PCA (Gambar 12) menunjukkan dua PC yang menjelaskan total variasi 59,97% dari bentuk capit kanan besar dengan PC 1 menjelaskan 43,39% dan PC 2 menjelaskan 16,48% dari total variasi. Grafik *eigenvalue* pada capit ditunjukkan pada Gambar 13. *Wireframe* pada Gambar 14 memvisualisasikan variasi bentuk capit kanan besar pada masing-masing sumbu PC. PC 1 dan PC 2 mendeskripsikan variasi ukuran bentuk *polex* dan *propodus*. Pada PC 1 dapat dilihat dari sebaran di sumbu X, di mana sumbu X memisahkan *morphospace* menjadi dua bagian, skor positif sebelah kanan dan skor negatif di sebelah kiri. Skor positif paling tinggi pada PC 1 yaitu keping jantan yang memiliki *polex* dan *propodus* yang lebih cembung dan berisi, sedangkan skor negatif yang paling tinggi yaitu keping betina yang memiliki *polex* dan *propodus* yang lebih ramping. Pada PC 2 menunjukkan keping jantan dan betina saling tumpang tindih di sumbu Y, sehingga variasi bentuk capit kanan besar di sebaran sumbu Y dari skor paling positif sampai dengan skor paling negatif, sama-sama memiliki bentuk yang hampir menyerupai bentuk rata-rata spesimen.

Wireframe (Gambar 14) menunjukkan adanya dua garis warna yaitu garis warna biru muda pada *wireframe* menunjukkan konfigurasi bentuk rata-rata spesimen, dan garis warna biru tua pada *wireframe* menunjukkan konfigurasi bentuk ekstrim yang dibentuk oleh PC, sehingga dapat dilihat bahwa pada PC 1 capit kanan besar yang memiliki skor positif tertinggi adalah bentuk yang paling ekstrim dan memiliki bentuk yang disusun oleh garis biru tua dan PC 1 capit kanan besar yang memiliki skor negatif tertinggi adalah bentuk menyerupai bentuk rata-rata spesies dan memiliki bentuk yang disusun oleh garis biru muda.

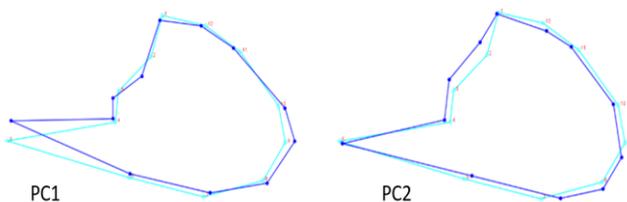
Variasi bentuk capit kiri besar keping *Holthuisana* berdasarkan analisis PCA (Gambar 15) menunjukkan dua PC (*Principal Component*) pertama yang menjelaskan 57,97% dari total variasi bentuk capit kiri besar dengan PC 1



Gambar 15. Grafik *morphospace* PCA (*Principal Component Analysis*) dari variasi capit kiri besar keping *Holthuisana* sp. jantan dan betina, PC1=33,35%, PC2=24,62%, jumlah total variasi 57,97%.



Gambar 16. Grafik *Eigenvalues* menunjukkan besaran nilai setiap PC capit kiri besar keping *Holthuisana* sp. jantan dan betina.



Gambar 17. Visualisasi *wireframe* variasi bentuk capit kiri besar pada (A) PC 1 dan (B) PC 2 dari analisis geometri morfometri berdasarkan nilai *eigenvector*. Garis biru terang mewakili konfigurasi spesimen rata-rata, *landmark* biru tua mewakili bentuk ekstrim pada variasi capit kiri besar.

menjelaskan 33,35% dan PC 2 menjelaskan 24,62% dari total variasi. *Wireframe* pada Gambar 16 memvisualisasikan variasi bentuk capit kiri besar pada masing-masing sumbu PC. PC 1 dan PC 2 mendeskripsikan variasi ukuran bentuk *polex* dan *propodus*. Pada PC 1 dan PC 2 menunjukkan keping jantan dan betina saling tumpang tindih di sumbu X maupun Y, sehingga variasi bentuk capit kiri besar di sebaran kedua sumbu dari skor paling positif sampai dengan skor paling negatif, sama-sama memiliki bentuk yang hampir menyerupai bentuk rata-rata spesimen.

KESIMPULAN

Berdasarkan identifikasi morfologi, keping air tawar di Danau Sentani, Papua merupakan spesies *Holthuisana* sp. Karapas keping *Holthuisana* sp. jantan dan betina menunjukkan variasi yang tidak jauh berbeda. Perbandingan panjang dan lebar karapas pada keping jantan adalah 6 : 5 dan betina 5 : 4. Capit *Holthuisana* sp. memiliki variasi berdasarkan jenis kelamin. Perbandingan panjang dan lebar capit (*propodus*) pada keping jantan adalah 9 : 5 dan betina 2 : 1. Capit kanan besar keping jantan memiliki *polex* dan *propodus* yang lebih cembung dan berisi daripada keping betina. Capit kiri besar menunjukkan variasi yang tidak jauh berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Adam, D.C., F.J. Rohlf, and D.E. Slice. 2004. Geometric morphometrics: Ten years of progress following the revolution. *Italian Journal of Zoology*. 71(1): 5-16. doi: <https://doi.org/10.1080/11250000409356545>.

Bhosale, M.M., R.A. Pawar, M.S. Sawant, and A.S. Pawase. 2017. Species differentiation of deepsea crabs (*Charybdis feriatius*, *Portunus pelagicus*, and *P. sanguinolentus*) using conventional morphometric data of Ratnagiri Coast, India. *Journal of Fisheries and Life Sciences*. 2(1): 35-39.

Cumberlidge, N. 2011. *Freshwater crabs of Africa: Biodiversity, distribution, and conservation*. Chapter 6. Editor: Darwal, W.R.T., K.G. Smith, D.J. Allen, R.A. Holland, I.J. Harrison, E.G.E. Brooks. The Diversity of Life in African Freshwater Under Water, Under Threat. An Analysis of The Status and Distribution of Freshwater Species

- Troughtout Mainland Africa. Cambridge [UK] and Gland Swizerland. IUCN. Pp:178-199.
- Dobson, M., A.M. Magana, J.M. Mathooko, and F.K. Ndegwa. 2007. Distribution and abundance of freshwater crabs (*Potamonautes* spp.) in rivers drining Mt Kenya, East Africa. *Fund App Limno*. 168: 271-279.
- Garth, J. S. 1991. *Taxonomy, distribution, and ecology of Galapagos brachyura. Chapter 5. Galapagos Marine Invertebrates: Taxonomy, Biogeography, and Evolution in Darwin's Islands*. Topics in Geobiology Editor: James, M.J. New York (USA). Plenum publishing cooperation. 8: 123-145.
- Klaus, S., D. Brandis, P.K.L. D.C.J. Ng, and C.D. Schubart . 2009. Phylogeny and biogeography of Asian freshwater crabs of the family Gecarcinucidae (Brachyura: Potamoidea). *Crustacean Issues*. 3: 507-521.
- Martin, J.G., and E. Davis. 2001. *An updated classification of the recent Crustacea*. California (US): Natural History Museum of Los Angeles County.
- Ng, P.K.L. 2004. *Crustacea: Decapoda, Brachyura*. Yule, C.M., H.S. Yong (eds). *Freshwater invertebrates of Malaysian region*. Akademi Sains Malaysia. 311-336.
- Ng, P.K.L. 2014. The identity of the Sarawak freshwater crab *Parathelphusa oxygona* Nobili, 1901, with description of a new species, *Parathelphusa nobilii*, from Western Kalimantan, Indonesia, Borneo (Crustacea: Brachyura: Gecarcinucidae). *Zootaxa*. 3774 (1): 31-44.
- Ng, P.K.L., D. Guinot, P.J.F. Davie. 2008. Systema *Brachyurorum*: Part I. An annotated checklist of extant Brachyuran crab of the world. *The Raffles Bulletin of Zoology* 17: 1-286.
- Rohlf, F.J. 2016. *tpsDig2Version 2.17*. Stony Brook (US): Department of Ecology and Evolution. 8: 129-132.
- Rohlf, F.J. and L.F. Marcus. 1993. A revolution in morphometrics. *Trends Ecology and Evolution*. 8: 129-132.
- Rufino, M., P. Abelló, and A.B. Yule. 2009. Male and female carapace shape differences in *Liocarcinus depurator* (Decapoda, Brachyura): An application of geometric morphometric analysis to crustaceans. *Italian Journal of Zoology*. 71(1): 79-83. doi: <https://doi.org/10.1080/11250000409356554>.
- Sentosa, A.A., dan A.R. Syam. 2011. Sebaran temporal faktor kondisi kepiting bakau (*Scylla serrata*) di perairan pantai Mayangan, Kabupaten Subang, Jawa Barat. *Jurnal Perikanan*. 13(1): 35-43.
- Short, J.W. 2008. *Freshwater Crustacea of the Mimika Region-Papua, Indonesia*. Timika. PT. Indonesia Printer. pp. 28-31: 76-80.
- Slice, D.E. 2007. Geometric morphometrics. *Annu. Rev. Anthropol*. 36: 261-281.
- Tantri, N. 2016. Crustacea air tawar (Decapoda: Brachyura dan Caridea) di Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat. Bogor. [Tesis] Institut Pertanian Bogor. Hal: 1-6.
- Torres, M.V., F. Giri, and P.A. Collins. 2014. Geometric morphometric analysis of the freshwater prawn *Macrobrachium borellii* (Decapoda: Palaemonidae) at a microgeographical scale in a floodplain system. *Ecological Research*. 29(5): 959-968.
- Wijaya, N.I., F. Yulianda, M. Boer, dan S. Juwana. 2010. Biologi populasi kepiting bakau (*Scylla serrata* F.) di habitat mangrove Taman Nasional Kutai Kabupaten Kutai Timur. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 36(3): 439-456.
- Yeo, D.C.J., P.K.L. Ng, N. Cumberlidge, C. Magalhães, S.R. Daniels, and M.R. Campos. 2008. Global diversity of crabs (Crustacea: Decapoda: Brachyura) in freshwater. *J. Hydrobiologia*. 595: 275-286.
- Zelditch, M.L., D.L. Swiderski, and H.D. Sheets. 2012. *Geometric morphometrics for biologists: A primer*. Academic Press. Oxford. pp. 23-25.