

**VARIASI KARAKTER KUANTITATIF KEPITING *Uca annulipes*
(BRACHYURA: OCYPODIDAE) di KEPULAUAN INDONESIA**

**VARIATION OF THE UCA ANNULIPES (BRACHYURA: OCYPODIDAE)
QUANTITATIVE CHARACTERS IN INDONESIAN ARCHIPELAGO**

Dewi Citra Murniati

Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Gedung Widyasatwaloka JL Raya Jakarta Bogor KM 46 Cibinong
Email: citra_bio@yahoo.com

ABSTRACT

Uca annulipes are deposit feeder crab which is widely distributed in Indonesian mangrove areas. The systematic study of the species completely based on the qualitative character without the quantitative one. This study describes the variation in quantitative characters of *U. annulipes* from different locations in Indonesia. Descriptive method with univariate and multivariate analyses based on quantitative character ratio was used in this study. The univariate analysis showed that the highest value of either the quantitative character or quantitative character ratio was found from the western Indonesian population. Meanwhile, the multivariate analysis showed that *U. annulipes* from western Indonesia, Sulawesi, and Nusa Tenggara have a discrete cluster.

Keywords: quantitative, *Uca annulipes*, univariate, multivariate

PENDAHULUAN

Kepiting *Uca* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) merupakan salah satu fauna bentik mangrove yang memiliki warna dan dimorfisme seksual yang mencolok dengan adanya capit asimetri pada jantan dewasa, sedangkan pada betina sepasang capitnya berukuran sama. Satu capit berukuran sangat besar dibandingkan capit lainnya. Capit besar berfungsi sebagai alat pertahanan diri, menarik perhatian betina dan alat komunikasi. Capit kecil berfungsi sebagai alat makan dan menggali liang. Kedua capit ini digunakan sebagai karakter kunci dalam identifikasi. Bentuk dan ukuran capit dalam satu kelompok genus *Uca* sangat bervariasi (Crane, 1975; Rosenberg, 2001; Naderloo *et al.*, 2010).

Spesies yang termasuk ke dalam genus *Uca* sebagai fauna khas ekosistem mangrove memiliki peran ekologis

sebagai spesies perunut (*key stone*) di kawasan ekosistem mangrove yang sangat penting mulai dari fase larva hingga dewasa (Bott *et al.*, 2000; Lim, 2005; Bezerra *et al.*, 2006, Cardoni *et al.*, 2007; Lim & Rosiah, 2007). Fase larva merupakan fase planktonik yang menentukan penyebaran *Uca* dewasa di daratan. *Uca* yang tersebar di ekosistem mangrove Indonesia sebanyak 16 spesies, yaitu *U. vocans*, *U. vomeris*, *U. tetragonon*, *U. coarctata*, *U. bellator*, *U. rosea*, *U. dussumieri*, *U. demani*, *U. forcipata*, *U. triangularis*, *U. crassipes*, *U. seismella*, *U. cryptica*, *U. perplexa*, *U. mjoebergi*, dan *U. annulipes*. Salah satu spesies yang memiliki sebaran yang luas di kepulauan Indonesia yaitu *U. annulipes*. Jenis ini ditemukan mulai dari Pulau Sumatra hingga Papua (Rahayu & Setyadi, 2002; Sastranegara *et al.*, 2003; Naderloo *et al.*, 2010).

Beberapa penelitian tentang *Uca* didasarkan pada karakter kualitatif yaitu ciri-ciri fisik yang dideskripsikan sesuai pengamatan tanpa ada skala dan satuan ukuran (Crane, 1975; Rosenberg, 2001). Sebaliknya karakter kuantitatif belum di analisis secara detail. Karakter kualitatif adalah ciri-ciri fisik yang terukur dan memiliki skala dan satuan. Contohnya adalah ukuran panjang kaki dan lebar karapas. Karakter kuantitatif digunakan untuk mempertegas konsep dan batasan jenis jika karakter kualitatif tidak dapat memberi jawaban. Karakter kualitatif yang digunakan untuk membedakan antar jenis antara lain bentuk rostrum, area orbit dan ornamennya, morfologi capit besar, gonopod dan gonopore. Pengamatan terhadap karakter-karakter ini bersifat subjektif, sehingga diperlukan karakter objektif, yaitu ukuran bagian tubuh. Karakter kuantitatif dapat bervariasi di antara beberapa populasi (Overton *et al*, 1997; Maryanto 2003), namun

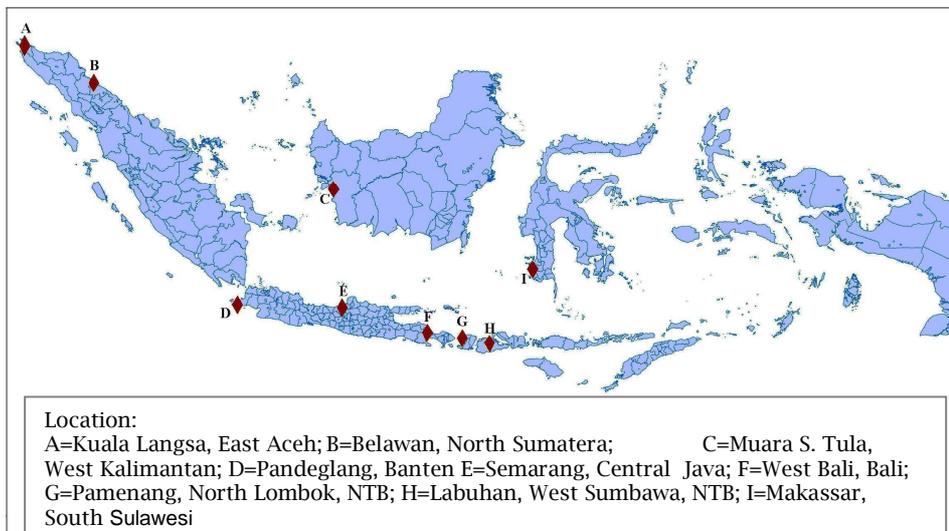
analisisnya pada kelompok Genus *Uca* belum dilakukan secara detail.

Penelitian ini dilakukan agar diketahui variasi karakter kualitatif pada *U. annulipes* di beberapa ekosistem mangrove di Indonesia. Selain itu, agar diketahui pula pengelompokan populasi *U. annulipes* antarpulau dan karakter utama yang menyebabkan pengelompokan tersebut.

METODE PENELITIAN

Koleksi Sampel dan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, kaliper digital dengan akurasi 0.01 mm untuk mengukur morfologi secara kuantitatif, kaca pembesar untuk mempermudah pengamatan dan pengukuran kuantitas morfologi, mikroskop stereo dengan perbesaran 20X - 40X untuk mengamati morfologi dan identifikasi ulang, dan mikroskop stereo yang dihubungkan dengan kamera lucida untuk menggambar spesimen.



Gambar 1. Lokasi asal koleksi spesimen *U. annulipes*

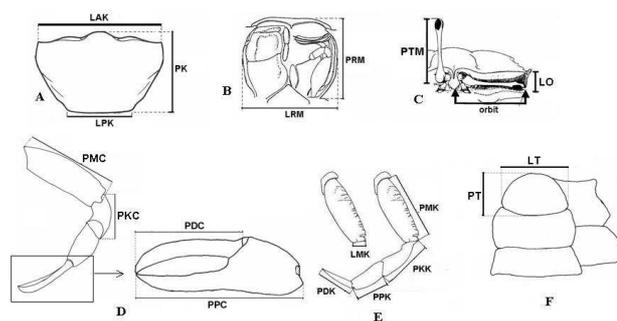
Koleksi spesimen *U. annulipes* dewasa yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari beberapa wilayah di Indonesia (Gambar 1). Koleksi spesimen yang digunakan tersimpan di koleksi basah Laboratorium Crustacea, Museum Zoologicum Bogoriense, Pusat Penelitian Biologi LIPI, Cibinong dan koleksi basah di Laboratorium Sumber Daya Laut, Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta Utara. Koleksi juga dilakukan dari beberapa lokasi, yaitu Sumatera Utara, Kalimantan Barat, Jawa Tengah, dan Nusa Tenggara Barat, untuk melengkapi data dari masing-masing bagian wilayah Indonesia. Spesimen lama dapat digunakan sebagaimana halnya spesimen baru dengan catatan informasi lingkungan dari spesimen terbaru.

Penelitian ini digunakan sebanyak 63 individu *U. annulipes*, yang seluruhnya individu jantan. Seluruh individu yang digunakan dalam penelitian ini adalah individu dewasa

yang dapat dicirikan dengan *gonopod* yang keras dan adanya penandukan pada ujung *gonopod* jantan, adanya penandukan pada tepi mulut *gonopore* betina, capit besar jantan terbentuk sempurna, dan bintil-bintil pada area orbit individu jantan dan betina dapat diamati.

Cara Kerja

Beberapa karakter yang dipilih untuk diamati merupakan karakter yang ada pada individu jantan dan betina dalam identifikasi *Uca* yang disusun oleh Crane (1975) dan Naderloo *et al.* (2010), serta mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Overton *et al.* (1996) dan Rosenberg (2001) (Gambar 2). Jumlah individu yang digunakan sebagai ulangan data tergantung pada jumlah spesimen yang tersedia ditambah dengan koleksi terbaru, yaitu dari Sumatra Utara, Kalimantan Barat, Jawa Tengah dan Nusa Tenggara Barat (Lampiran 1).



Gambar 2. Karakter yang diukur. (A) Karapas, (B) Rongga mulut, (C) Tangkai mata dan orbit, (D) Capit ikecil, (E) Kaki pertama, (F) Telson.

Karakter kuantitatif yang diukur, yaitu:

1. Karapas, meliputi lebar anterior (LAK), lebar posterior (LPK). panjang (jarak dari ujung

rostrum ke bagian tengah posterior) (PK)

2. Rongga mulut, meliputi panjang (PRM) dan lebar (LRM)

3. Panjang tangkai mata (PTM)
4. Lebar orbit (LO)
5. Capit kecil, meliputi panjang merus (PMC), panjang karpus (PKC), panjang propodus (PPC) dan panjang daktilus (PDC)
6. Kaki 1, meliputi panjang merus (PMK), lebar merus (LMK), panjang karpus (PKK), panjang propodus (PPK) dan panjang daktilus (PDK)
7. Telson, meliputi panjang (PT) dan lebar (LT)

Data dikumpulkan lalu ditabulasi dalam program Microsoft Office Excel. Data hasil pengukuran ini dihitung rata-rata, standar deviasi serta batas minimum dan maksimum.

Analisis Data

Untuk menghindari pengaruh dimorfisme seksual dalam menganalisis dan dalam rangka menstandarisasi data, semua karakter yang telah diukur dirasiokan terhadap ukuran lebar anterior karapas. Ukuran pada karapas merupakan karakter yang stabil dibandingkan bagian tubuh lainnya (Huber, 1985).

Analisis univariat dilakukan untuk menguji perbedaan secara morfologi *Uca* yang berasal dari lokasi yang berbeda. Untuk mengetahui bentuk pengelompokan antar pulau, analisis pengelompokan dilakukan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) (Maryanto 2003). Hasil bentuk pengelompokan antarpulau, selanjutnya digunakan untuk analisis fungsi diskriminan/Discriminant Function Analysis (DFA), sehingga akan diketahui bentuk pengelompokan *Uca* berdasarkan asal ditemukan dan

karakter utama pembedanya. Karakter utama pembeda antara *Uca* diperoleh berdasarkan nilai urutan Wilk's lambda yang diperoleh dari analisis DFA.

Hasil analisis morfologi menggunakan DFA tersebut diperkuat dengan pengamatan morfologi pembeda utama dan bentuk morfologi penentu jenis yaitu *gonopod* (alat kopulasi). Pengamatan dilakukan dengan cara merendam *gonopod* dalam larutan KOH 10% hingga struktur *gonopod* bening, kemudian diamati morfologinya secara detail dan digambar dengan perbesaran maksimum (63X).

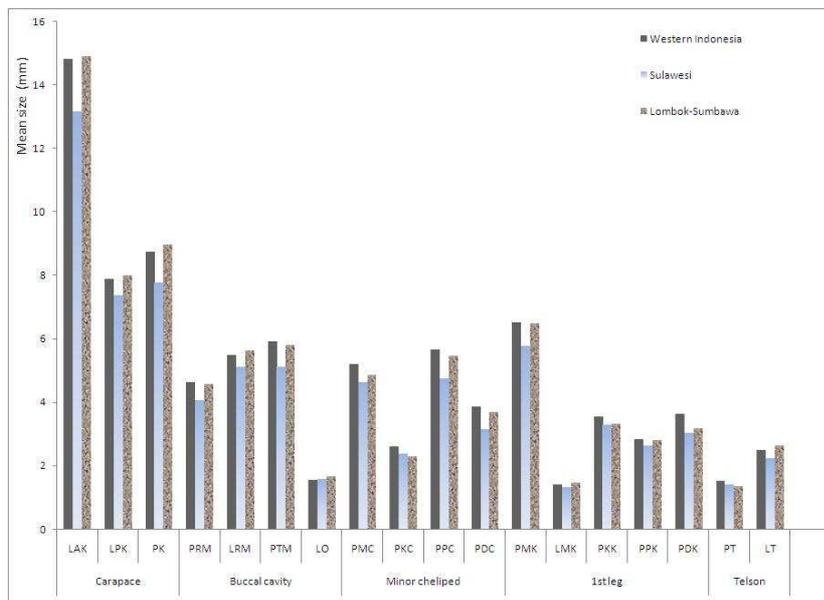
HASIL

Analisis Univariat

Analisis karakter kuantitatif *U. annulipes* dilakukan pada spesimen yang berasal dari Aceh (10 individu jantan), Kalimantan Barat (7 individu jantan), Banten (23 individu jantan), Jawa Tengah (6 individu jantan), Bali (5 individu jantan), Sulawesi Selatan (4 individu jantan), Pulau Lombok (4 individu jantan) dan Pulau Sumbawa (3 individu jantan). Perbedaan jumlah individu ini dapat diabaikan karena data telah ditransformasi dalam bentuk rasio sebelum dianalisis, sehingga tidak ada penyimpangan data. Individu betina tidak digunakan karena individu betina dalam koleksi laboratorium belum mencapai tahap dewasa. Hasil analisis rata-rata, standar deviasi, minimum dan maksimum univariat terhadap *U. annulipes* yang berasal dari pantai utara Sumatra, pantai barat Kalimantan, pantai utara Jawa, pantai barat Sulawesi, pantai utara Bali, pantai utara Lombok dan Sumbawa dapat dilihat pada Lampiran 2. Sebagian besar nilai

tertinggi untuk 10 karakter dari 18 karakter yang diukur ditemukan dari Indonesia Barat (Sumatra, Kalimantan, Jawa dan Bali), sedangkan nilai terendah ditemukan dari Pulau Sulawesi (Gambar 3). Sebagai contoh, nilai rata-rata untuk

karakter lebar anterior karapas tertinggi dari wilayah Indonesia Barat yaitu Pulau Sumatra ($16,23 \pm 1,38$ mm), sedangkan yang terendah dari Pulau Sulawesi ($3,17 \pm 3,07$ mm).



Gambar 3. Analisis univariate *U. annulipes* berdasarkan ukuran tubuh.

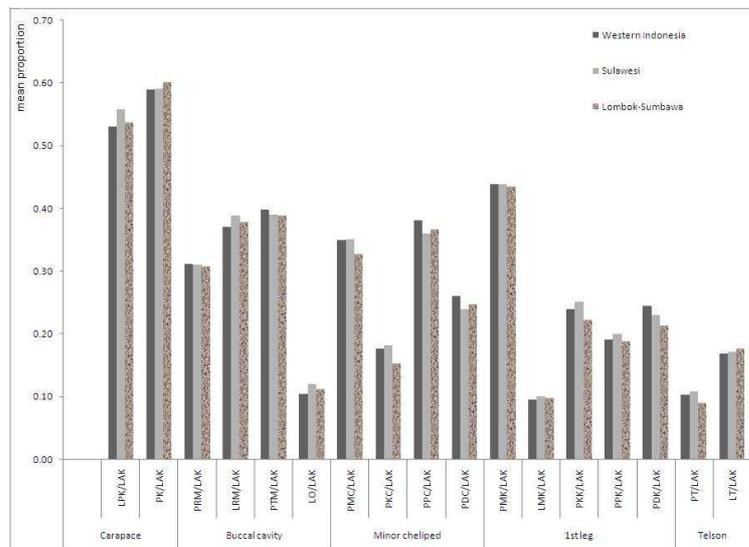
Berdasarkan rasio karakter yang diperbandingkan dengan karakter lebar anterior karapas (Lampiran 2), dapat dijelaskan bahwa rasio karakter-karakter yang terukur tertinggi sebagian besar ditemukan dari Indonesia Barat (Sumatra, Kalimantan, Jawa, dan Bali), sedangkan terendah sebagian besar ditemukan dari Nusa Tenggara (Lombok dan Sumbawa) (Gambar 4). Sebagai contoh rasio karakter lebar posterior karapas dengan karakter utama lebar anterior karapas tertinggi dari Pulau Sulawesi ($0,5586 \pm 0,053$) dan terendah Indonesia Barat yaitu Bali ($0,5172 \pm 0,0060$).

Analisis Multivariat

Analisis multivariat terhadap *U. annulipes* yang berasal dari tujuh lokasi, yaitu populasi dari Sumatra, Kalimantan, Jawa, Bali, Sulawesi, Lombok dan Sumbawa dilakukan menggunakan analisis deskriminan (DFA). Dari analisis DFA yang menggunakan seluruh karakter morfologi yang telah dirasioakan terhadap karakter lebar anterior karapas dan terpilih empat karakter utama sesuai dengan besarnya nilai Wilk's Lambda. Keempat karakter tersebut adalah rasio panjang daktilus kaki 1,

panjang karpus kaki 1, lebar posterior karapas dan panjang propodus capit kecil. Analisis DFA yang menggunakan keempat karakter tersebut memperlihatkan hasil pengelompokan yang sama dengan apabila menggunakan seluruh (17) karakter. Berdasarkan hasil analisis menggunakan empat karakter tersebut, *U. annulipes* terkelompokkan secara sempurna menjadi tiga kelompok besar, yaitu kelompok pertama (1) Sumatera, Jawa, Bali dan Kalimantan, kelompok kedua (2) Lombok dan Sumbawa, kelompok ketiga (3) adalah Sulawesi. Kelompok kedua dan ketiga pada setiap biplot nampak konsisten sebagai satu

kelompok, sedangkan kelompok pertama tidak konsisten sehingga perlu dianalisis kembali dengan metode yang sama. Secara lengkap pengelompokan tersebut dapat dilihat pada diagram biplot (Gambar 5). Dari hasil analisis tersebut, total variasi yang dapat diterangkan sebesar 96,7%, dengan uraian pada garis fungsi 1, 2, dan 3 masing-masing variasi menerangkan 55%, 34,1%, dan 7,6% (Tabel 1). Berdasarkan Fungsi 1, loading faktor yang bernilai lebih dari 0.5 dan merupakan penentu pembeda adalah rasio panjang daktilus kaki 1 (0,781) dan panjang karpus kaki 1 (0,612) (Tabel 1).



Gambar 4. Analisis univariate *U. annulipes* berdasarkan rasio ukuran tubuh.

Pada grafik bi plot antara fungsi 1 dan 2 (Gambar 5) dapat diterangkan bahwa dijumpai tiga (3) kelompok, yaitu (1) kelompok sebelah barat Garis Wallace (Sumatera, Kalimantan, Jawa, dan Bali) dan kelompok sebelah timur garis Wallace yang terdiri dari dua

kelompok yaitu (2) Sulawesi dan (3) Lombok dan Sumbawa.

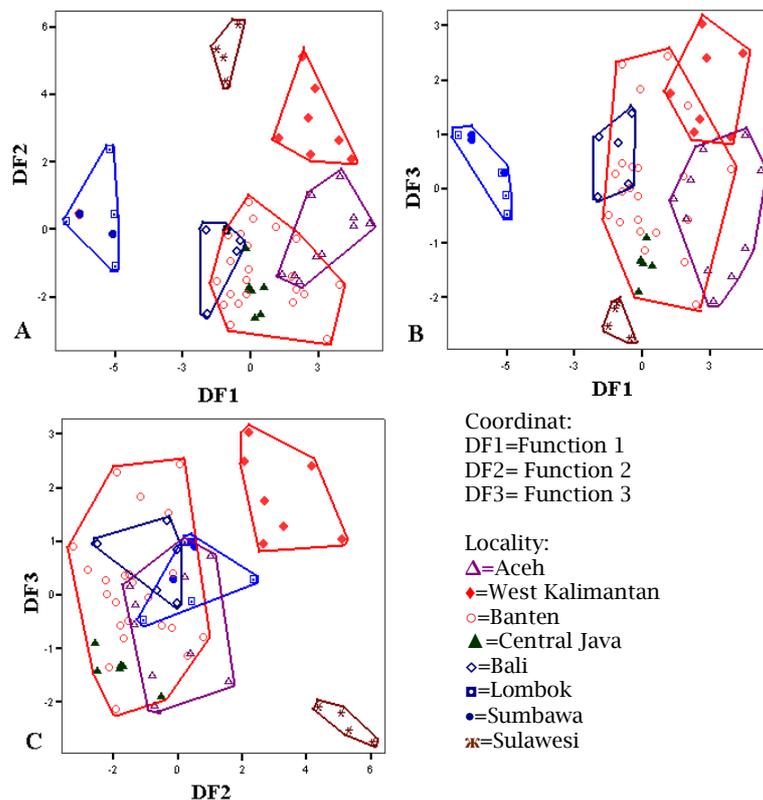
Analisis DFA untuk kelompok yang berada di sebelah barat garis Wallace dilakukan menggunakan empat karakter utama yang telah dirasionkan terhadap karakter lebar anterior karapas. Empat karakter terpilih

diperoleh dari hasil seleksi nilai Wilk's Λ digunakan.

Lambda dari keseluruhan karakter yang

Tabel 1. Koefisien *Standardized* dan *Unstandardized* (dalam kurung) *Canonical Discriminant Function* yang diperoleh dari empat karakter *U. annulipes*

Character	Function 1	Function 2	Function 3
PDK/LAK	0.781 (121.774)	0.415 (-64.702)	-0.432 (-67.320)
PKK/LAK	0.612 (120.295)	0.654 (128.714)	-0.013 (-2.484)
LPK/LAK	-0.166 (-20.645)	0.725 (90.393)	-0.358 (-44.608)
PPC/LAK	0.386 (47.718)	-0.278 (-34.326)	0.905 (111.768)
Explained Variation	55.0%	34.1%	7.6%
Constant	-64.749	-50.326	-1.635



Gambar 5. Plot canonical populasi *U. annulipes* pada tiga kelompok Pulau. (A) Fungsi 1 terhadap Fungsi 2, (B) Fungsi 1 terhadap Fungsi 3, (C) Fungsi 2 terhadap Fungsi 3.

Keempat karakter tersebut adalah karakter panjang karpus kaki 1, panjang daktilus kaki 1, panjang rongga mulut dan lebar posterior karapas. Berdasarkan hasil analisis menggunakan

keempat karakter tersebut, diperoleh pengelompokan *U. annulipes* di Indonesia Barat secara sempurna menjadi dua kelompok yaitu, kelompok pertama (1) Sumatera, Jawa, dan Bali,

dan kelompok kedua Kalimantan. Secara lengkap, pengelompokan tersebut dapat dilihat pada diagram bi plot (Gambar 6).

Dari hasil analisis tersebut, variasi yang dapat diterangkan sebesar 83,8%. Pada garis fungsi 1, 2, dan 3 masing-masing menerangkan variasi sebesar 65,5%, 18,3%, dan 16,2% (Tabel 2). Berdasarkan Fungsi 1, loading faktor yang bernilai lebih dari 0,5 dan merupakan penentu pembeda adalah rasio karpus kaki 1 (0,773) (Tabel 2). Dengan menggunakan bantuan bi plot (Gambar 7), ada kecenderungan untuk populasi *U. annulipes* dari Kalimantan memiliki rasio ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan populasi dari Sumatra, Jawa, dan Bali. Selanjutnya, berdasarkan Gambar 6C maka terlihat bahwa populasi *U. annulipes* yang berasal dari Jawa cenderung mempunyai

bentuk intermedium antara Sumatra dan Kalimantan. Perbedaan kelompok populasi akan terlihat jelas jika membandingkan hasil rasio antara panjang karpus kaki 1 (PKK) dan lebar posterior karapas (LPK) dengan lebar anterior karapas (LAK). Gambar 7 mendukung hasil multivariat Gambar 6A dan 6B. Pada gambar 5 terlihat bahwa karakter panjang karpus kaki 1 dan lebar posterior karapas dari populasi Pulau Sumatera merupakan peralihan antara Kalimantan, Jawa dan Bali. Karakter panjang karpus kaki 1 dan lebar posterior karapas dari populasi Jawa merupakan peralihan antara Bali dan Sumatra. Rasio karakter panjang karpus kaki 1 dan lebar posterior karapas dari populasi Bali mirip dengan karakter kuantitatif dari populasi Jawa (Gambar7)

Tabel 2. Koefisien *Standardized* dan *Unstandardized* (dalam kurung) *Canonical Discriminant Function* yang diperoleh dari empat karakter *U. annulipes* pada kelompok Indonesia bagian barat.

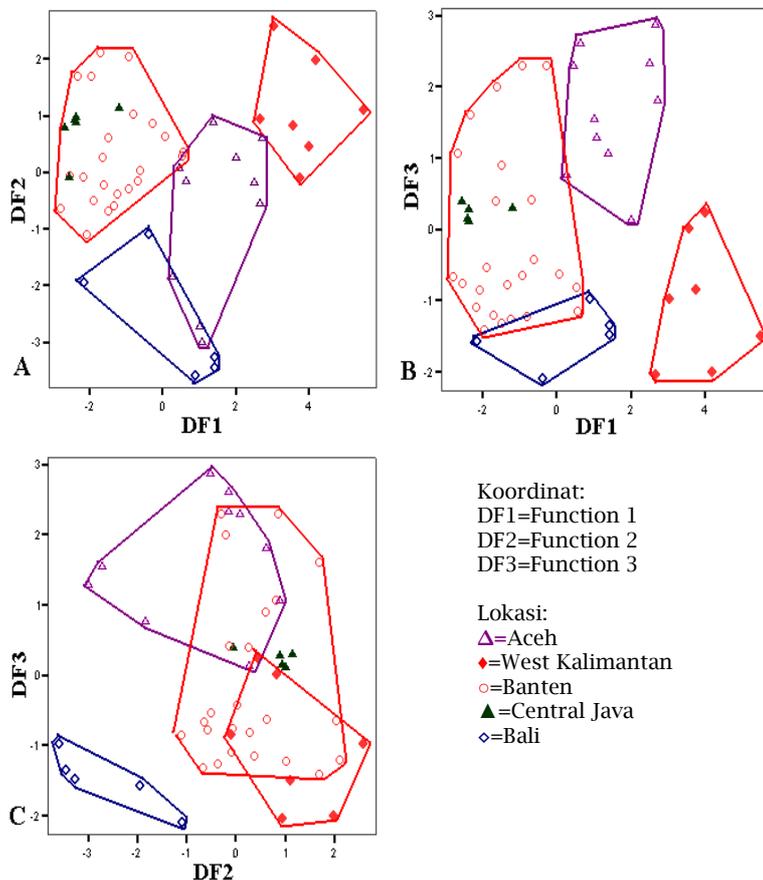
Character	Function 1	Function 2	Function 3
PKK/LAK	0.773 (152.779)	0.201 (39.611)	0.120 (23.660)
PDK/LAK	-0.132 (-19.689)	0.178 (26.533)	0.985 (147.151)
PRM/LAK	0.473 (73.602)	-0.755 (-117.386)	0.196 (30.416)
LPK/LAK	0.214 (25.143)	0.871 (102.452)	-0.209 (-24.543)
Explained variation	65.5%	18.3%	16.2%
Constant	-67.911	-33.865	-38.092

Dari hasil analisis tersebut, variasi yang dapat diterangkan sebesar 83,8%. Pada garis fungsi 1, 2, dan 3 masing-masing menerangkan variasi sebesar 65,5%, 18,3%, dan 16,2% (Tabel 2). Berdasarkan Fungsi 1, loading faktor yang bernilai lebih dari 0,5 dan merupakan penentu pembeda adalah rasio karpus kaki 1 (0,773) (Tabel 2). Dengan menggunakan bantuan bi plot (Gambar 7), ada

kecenderungan untuk populasi *U. annulipes* dari Kalimantan memiliki rasio ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan populasi dari Sumatra, Jawa, dan Bali. Selanjutnya, berdasarkan Gambar 6C maka terlihat bahwa populasi *U. annulipes* yang berasal dari Jawa cenderung mempunyai bentuk intermedium antara Sumatra dan Kalimantan. Perbedaan kelompok

populasi akan terlihat jelas jika membandingkan hasil rasio antara panjang karpus kaki 1 (PKK) dan lebar posterior karapas (LPK) dengan lebar anterior karapas (LAK). Gambar 7 mendukung hasil multivariat Gambar 6A dan 6B. Pada gambar 5 terlihat bahwa karakter panjang karpus kaki 1 dan lebar posterior karapas dari populasi Pulau Sumatera merupakan

peralihan antara Kalimantan, Jawa dan Bali. Karakter panjang karpus kaki 1 dan lebar posterior karapas dari populasi Jawa merupakan peralihan antara Bali dan Sumatra. Rasio karakter panjang karpus kaki 1 dan lebar posterior karapas dari populasi Bali mirip dengan karakter kuantitatif dari populasi Jawa (Gambar7).



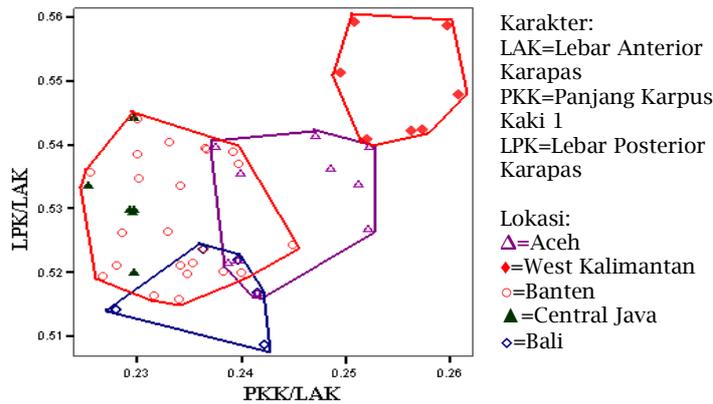
Gambar 6. Plot canonical populasi *U. annulipes* dari Indonesia bagian barat. (A) Fungsi 1 terhadap Fungsi 2, (B) Fungsi 1 terhadap Fungsi 3, (C) Fungsi 2 terhadap Fungsi 3.

Pengamatan pada gonopod padamasing-masing populasi menunjukkan bahwa populasi dari Kalimantan, Sumatra, Jawa dan Bali memiliki kemiripan karakter sehingga

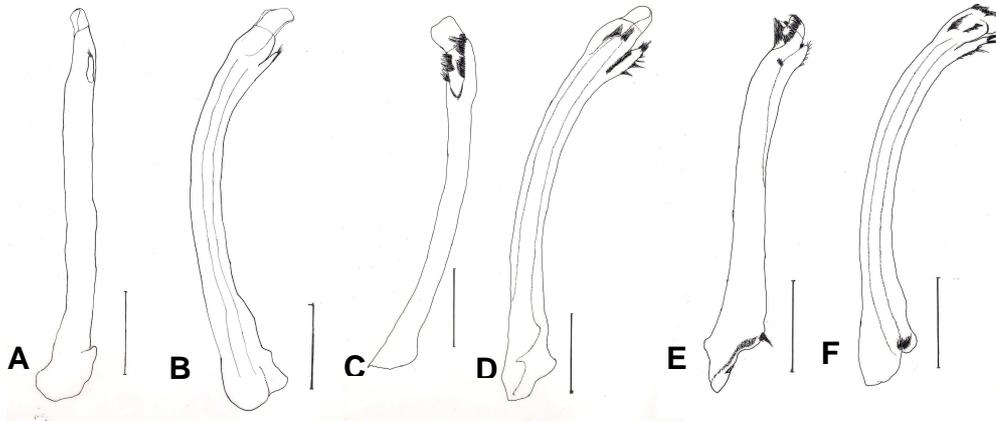
membentuk kelompok Indonesia bagian barat. Demikian halnya dengan populasi dari Lombok dan Sumbawa. Sementara gonopod populasi dari Sulawesi berbeda dengan populasi dari Indonesia bagian

barat dan Lombok-Sumbawa (Gambar 10). Gonopod populasi Indonesia Barat memiliki tanduk panjang di bagian ujung dan palpus yang kecil dan pendek di bagian lateral. Gonopod populasi Sulawesi memiliki tanduk yang panjang

di bagian ujung dan palpus besar dan pendek di bagian lateral. Gonopod populasi Lombok-Sumbawa memiliki tanduk yang pendek di bagian ujung dan palpus yang besar dan panjang di bagian lateral



Gambar 7. Plot antara rasio panjang karpus kaki pertama terhadap lebar anterior karapas dan lebar posterior karapas terhadap lebar anterior karapas *U. annulipes* dari Indonesia bagian barat.



Gambar 8. *Gonopod* tampak dorsal dan lateral. (A-B) Indonesia bagian barat, lebar anterior karapas: 16,62 mm, (C-D) Sulawesi, lebar anterior karapas: 17,43 mm, (E-F) Lombok-Sumbawa, lebar anterior karapas: 15,03 mm (Skala: 1 mm).

PEMBAHASAN

Dari hasil analisis diketahui bahwa perbedaan ukuran tidak menunjukkan perbedaan jenis, sehingga diperlukan data rasio seluruh karakter terhadap satu karakter yang stabil dan tidak tergantung pada karakter lainnya,

yaitu lebar anterior karapas. Ukuran karapas, termasuk lebar anterior karapas merupakan karakter yang paling stabil dibandingkan karakter lainnya karena seluruh organ penting terlindung di dalamnya. Sementara itu bagian-bagian tubuh lainnya yaitu capit

dan kaki dapat mengalami perubahan akibat *autotomi*, yaitu terlepasnya anggota tubuh dari karapas (Huber, 1985; Overton *et al.*, 1997; Jaroensutasinee & Jaroensutasinee, 2004).

Pada penelitian ini, rasio ukuran tubuh pada spesimen lama dan baru tidak berbeda, sehingga dapat dikatakan bahwa distribusi temporal tidak mempengaruhi rasio ukuran tubuh *Uca*. Sebaliknya, distribusi spasial mempengaruhi rasio ukuran tubuh *Uca*. Rasio ukuran tubuh *U. annulipes* dari wilayah Indonesia Barat lebih besar dibandingkan dari Lombok-Sumbawa dan Sulawesi. Hal ini disebabkan karena faktor genetik dan proses ekologis yang saling berinteraksi dalam proses adaptasi. Indonesia Barat merupakan bagian dari lempeng Eurasia, sedangkan Indonesia Timur merupakan bagian dari lempeng Benua Australia. Kedua lempeng benua ini memiliki karakter ekologi yang berbeda, sehingga organisme yang berada di kedua wilayah ini akan melakukan adaptasi fisiologi, perilaku, dan atau morfologi (Brown & Lomolino, 1998). Salah satu hasil adaptasi morfologi adalah ukuran tubuh. Kitchener dan Maharadatunkamsi (1996) menyatakan bahwa ukuran tubuh merupakan hasil adaptasi terhadap keragaman habitat, ketersediaan sumber energi, dan kompetisi. Pulau dengan keragaman habitat yang tinggi memiliki organisme yang ukurannya lebih kecil dibandingkan pulau dengan keragaman habitat yang lebih rendah. Keragaman habitat yang tinggi akan meningkatkan kompetisi yang menyebabkan keterbatasan sumber energi. Satu

habitat dapat ditempati hingga tujuh jenis *Uca* dengan sumber dan cara makan yang sama. Indonesia Barat terdiri dari 9 *Uca*, Nusa Tenggara terdiri dari 10 jenis, Sulawesi terdiri dari 11 jenis, dan terdiri dari 10 jenis (Rahayu *et al.*, 2002; Sastranegara *et al.*, 2003; Pratiwi, 2007; Soedibjo & Aswandy, 2007; Matsuura *et al.*, 2008; Murniati, 2010). Semakin besar jumlah jenis, maka semakin besar kompetisi sehingga ukuran tubuh semakin kecil.

Analisis karakter kuantitatif *U. annulipes* menunjukkan bahwa DFA dapat mengelompokkan populasi berdasarkan wilayah asalnya. Seluruh 17 rasio karakter kuantitatif mempengaruhi pengelompokan ini, namun hanya beberapa karakter yang menjadi penentu dalam perbedaan. Karakter pembeda antarpulau pada *U. annulipes* adalah rasio panjang karpus kaki 1 yang ditunjukkan oleh nilai standar pada fungsi 1 (>0.5). Sementara nilai nonstandard merupakan nilai yang menunjukkan variabel independen yang akan diolah pada suatu persamaan untuk menentukan nilai fungsi diskriminan. Total variasi yang dapat dijelaskan oleh fungsi 1, 2 dan 3 mendekati 100%, sehingga pengelompokan terbentuk sempurna dengan konstanta yang berbeda-beda. Nilai konstanta ini digunakan untuk menentukan koefisien fungsi klasifikasi.

Meskipun berperan penting dan bersifat objektif, karakter kuantitatif tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya data untuk menjawab seluruh masalah yang ada pada fenotip, karena fenotip dipengaruhi oleh faktor internal yaitu, genetik. Faktor eksternal yang mempengaruhi sebaran *Uca*, terutama

pada fase larva, antara lain fisika lingkungan, yaitu suhu, cahaya, arus air laut, kimia lingkungan, yaitu salinitas dan biologi lingkungan, yaitu kompetisi dan predasi (Rabalais & Cameron, 1983; Epifiano *et al.*, 1985; Martens, 1985; Yamaguchi & Henmi, 2001).

Suhu di wilayah tropis cenderung stabil dan fluktuasi yang terjadi umumnya pada kisaran yang sempit, yaitu sekitar 27°C–32°C, sehingga jenis yang hidup di wilayah tropis, tidak dapat bertahan hidup pada kondisi lingkungan dengan fluktuasi suhu yang tinggi. Selain suhu, salinitas juga diketahui sebagai faktor utama yang memisahkan populasi *Uca*, karena salinitas menentukan penyebaran dan pertumbuhan larva, serta jumlah larva yang dapat bertahan hidup. Larva *Uca* spp mampu bertahan hidup dalam kisaran salinitas 20‰–30‰ (Rabalais & Cameron, 1983; Epifiano *et al.*, 1988; Mouton & Felder, 1995).

Sebaran larva terutama dipengaruhi oleh arus permukaan air laut. Larva dapat mencapai pulau yang berbeda dengan habitat induk jika kecepatan arus permukaan laut cukup tinggi dan jarak antarpulau dekat. Jarak antarpulau yang terlalu jauh dapat menyebabkan kematian larva karena laut terbuka memiliki resiko besar seperti tingkat predasi dan kompetisi yang tinggi (Bezerra *et al.*, 2006; Soedibjo & Aswandy, 2007; Correa & Uieda, 2008). Selain itu, pada jarak yang jauh waktu yang dibutuhkan cukup lama, sementara periode larva *Uca* berkisar antara 12 - 18 hari (Rabalais & Cameron, 1983; Bezerra *et al.*, 2006; Correa & Uieda, 2008). Jika dalam kurun waktu tersebut larva tidak

berhasil mendekati habitat induk, maka proses menjadi juvenile melalui tahap *molting* (pergantian karapas untuk perkembangan tubuh) tidak dapat dilakukan dan larva akan mati. *Molting* pada *Uca* hanya dapat terjadi pada kisaran salinitas 28‰–30‰ di sekitar ekosistem mangrove (Vigh & Fingerman, 1985; Benetti & Negreiros-Fransozo, 2004).

Analisis menunjukkan pengelompokan pulau-pulau menjadi 4 wilayah secara sempurna. Populasi Sumatra, Kalimantan, Jawa dan Bali menjadi kelompok Indonesia Barat karena arus permukaan laut dapat membawa larva dari satu pulau ke pulau lain dalam satu kelompok ini. Arus permukaan di Laut Jawa diperkirakan sebagai media utama yang membantu penyebaran larva pada kelompok pulau ini dan membentuk *gene pool*. Sementara itu, populasi Sulawesi terpisah dari populasi lainnya dan membentuk *gene pool* sendiri. Arus permukaan laut di lokasi ini cenderung berbelok ke timur dengan kecepatan tinggi menuju perairan Indonesia Timur (Rizal *et al.*, 2009; Widyastuti *et al.*, 2010).

Berdasarkan pola arus laut dan jarak antar pulau, maka dapat dikatakan bahwa pengelompokan pulau-pulau menjadi 4 kelompok disebabkan isolasi geografis oleh laut. Kondisi ini tergambar pada masa *Pleistocene* ketika terjadi penurunan tinggi permukaan laut hingga 230 m akibat pembekuan massa air laut dalam jumlah besar. Pada masa itu, sebagian dasar laut terpapar sehingga Sumatra, Kalimantan, Jawa dan Bali menjadi satu daratan sebagai bagian dari Paparan Sunda,

Lombok dan Sumbawa menjadi satu daratan, Sulawesi tetap sebagai pulau yang terpisah dari yang lain, sedangkan Papua dan pulau-pulau kecil di sekitarnya menjadi satu daratan dengan Benua Australia sebagai Paparan Sahul (Brown & Lomolino, 1998; Cox & Moore, 2008). Massa air laut yang sedikit dan pulau yang besar menjadi penghambat penyebaran larva. Pada kondisi ini peningkatan salinitas melampaui batas toleransi larva akibat kurangnya asupan dari sungai. Selain itu, batas air laut menjauhi habitat induk sehingga induk tidak dapat melakukan pelepasan telur ke laut.

Faktor lain yang mempengaruhi penyebaran larva adalah kedalaman laut. Laut yang dalam memudahkan larva bermigrasi ke pulau lain karena tekanan yang tinggi dari dasar laut membantu larva tetap berada di permukaan. Hal ini sangat penting karena kelangsungan hidup larva sangat tergantung pada produktivitas di permukaan air (Brown & Lomolino, 1998; Cox & Moore, 2008).

Pengelompokan populasi sesuai dengan teori garis geografis Wallace. Garis ini terbentang di antara Pulau Bali dan Pulau Lombok dan di antara Pulau Kalimantan dan Sulawesi. Garis ini menandakan batas antara wilayah benua Asia dan Australia. Teori garis ini berdasarkan pada pola penyebaran jenis-jenis flora dan fauna di Indonesia dan membagi Indonesia menjadi tiga kawasan. Indonesia bagian barat terdiri dari Pulau Sumatera, Kalimantan, Jawa dan Bali dengan komposisi flora dan fauna menyerupai wilayah oriental. Kawasan Indonesia Timur meliputi dan sekitarnya dengan komposisi flora dan

fauna yang hampir sama dengan wilayah Australia. Sementara Kawasan Wallace meliputi Pulau Sulawesi, Nusa Tenggara dan Kepulauan Maluku memiliki komposisi flora dan fauna yang berbeda dengan wilayah oriental dan Australia. Selain teori garis Wallace, teori garis lainnya yang mendukung hasil penelitian ini adalah teori garis Lydekker, garis Webber, dan garis Ibnu. Garis Lydekker terbentang di antara Maluku dan , sementara garis Webber terbentang di antara Sulawesi dan Kepulauan Maluku kecuali Pulau Taliabu (Brown & Limolino, 1998; Cox & Moore, 2008). Garis Ibnu memisahkan Pulau Sulawesi dengan Pulau Kalimantan, Nusa Tenggara, dan Kepulauan Maluku kecuali Pulau Taliabu (Maryanto & Higashi, 2008). Plot konfigurasi (Gambar 5) yang menunjukkan pemisahan populasi Sulawesi sesuai dengan teori garis Lydekker dan garis Webber, sementara pemisahan populasi Sulawesi dengan tiga populasi lainnya sesuai dengan teori garis Ibnu.

Hasil analisis karakter kuantitatif diperkuat oleh karakter kualitatif pada gonopod (Gambar 8). Pengamatan gonopod menunjukkan bahwa karakter gonopod pada populasi *U. annulipes* dari Pulau Kalimantan, Sumatera, Jawa dan Bali memiliki kemiripan. Sementara populasi dari Lombok dan Sumbawa memiliki kemiripan, namun berbeda dengan populasi dari pulau-pulau lainnya. Secara keseluruhan, karakter gonopod membentuk pengelompokan yang sama dengan hasil analisis univariat dan multivariate.

KESIMPULAN

Karakter kualitatif *U. annulipes* antarpulau bervariasi dan membentuk 3 kelompok pulau yaitu, Indonesia Barat, Lombok-Sumbawa dan Sulawesi. Karakter utama yang menyebabkan pengelompokan ini adalah, panjang daktilus kaki 1, panjang karpus kaki 1, lebar posterior karapas dan panjang propodus capit kecil. Analisis menunjukkan ratio ukuran tubuh populasi Indonesia Barat lebih besar dibandingkan populasi Lombok-Sumbawa dan Sulawesi. Ratio ukuran tubuh terendah ditemukan pada populasi Lombok-Sumbawa.

DAFTAR PUSTAKA

- Benetti, A.S. & M.L. Negreiros-Fransozo. 2004. Relative growth of *Uca burgersi* (Crustacea: Ocypodidae) from two mangroves in the southern Brazilian coast. *Iheringia* 94(1): 67–72.
- Bezerra, L.E.A., C.B. Dias, G.X. Santana & H. Matthews-Cascon. 2006. Spatial distribution of fiddler crab (Genus *Uca*) in a tropical mangrove of Northeast Brazil. *Scientia Marina* 70(4): 759–766.
- Bott, R. 1973. Die verwandtschaftliche beziehungende *Uca*-arten (Decapoda: Ocypodidae). *Senckenbergiana Biologica* 54: 315–325.
- Brown, J.H. & M.V. Lomolino. 1998. *Biogeography, 2nd Edition*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland: 691 pp.
- Cardoni, D.A., J.P. Isacch & O.O. Iribarne. 2007. Indirect effects of the burrowing crab *Chasmagnathus granulatus* in the habitat use of Argentina's South West Atlantic salt marsh birds. *Estuaries and Coasts* 30(3): 382–389.
- Correa, M.O.D.A. & V.S. Uieda. 2008. Composition of the aquatic invertebrate fauna associated to the mangrove vegetation of a coastal river, analyzed through a manipulative experiment. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 3(1): 23–31.
- Cox, C.B. & P.D. Moore. 2008. *Biogeography: An ecological and evolutionary approach*. Blackwell Publishing, Singapore: xi + 415 pp.
- Crane, J. 1975. *Fiddler Crabs of the World, Ocypodidae: Genus Uca*. Princeton University Press, New Jersey: xxiii + 736 pp.
- Epifiano, C.E., K.T. Little & P.M. Rowe. 1988. Dispersal and recruitment of fiddler crab larvae in the Delaware River estuary. *Marine Ecology Program Series* 43: 181–188.
- Huber, M.E. 1985. Allometric growth of the carapace in *Trapezia* (Brachyura: Xanthidae). *Journal of Crustacean Biology* 5(1): 79–83.
- Jaroensutasinee, M. & K. Jaroensutasinee. 2004. Morphology, density, and sex ratio of fiddler crabs from Southern Thailand (Decapoda, Brachyura, Ocypodidae). *Crustaceana* 77(5): 533–551.
- Kitchener, D.J. & Maharadatunkamsi. 1996. Geographic variation in morphology of *Cynopterus nusatenggara* (Chiroptera, Pteropodidae) in southeastern Indonesia, and description of two new subspecies. *Mammalia* 60(2): 255–276.
- Lim, S.S.L. 2005. A comparative study of some mouthparts adaptations of *Uca annulipes* (H. Milne Edwards, 1837) and *U. vocans* (Linnaeus, 1758) (Brachyura, Ocypodidae) in relation to their habitats. *Crustaceana* 77(10): 1245–1251.

- Lim, S.S.L. & A. Rosiah. 2007. Influence of pneumatophores on the burrow morphology of *Uca annulipes* (H. Milne Edwards, 1837) (Brachyura, Ocypodidae) in the field and in simulated mangrove micro-habitats. *Crustaceana* 80(11): 1427–1338.
- Martens, K. 1985. Effects of temperature and salinity on postembryonic growth in *Mytilocypris henricae* (Crustacea: Ostracoda). *Journal of Crustacean Biology* 5(2): 258–272.
- Maryanto, I. 2003. Taxonomic status of the ricefield rat *Rattus argentiventer* (Robinson and Kloss, 1916) (Rodentia) from Thailand, Malaysia and Indonesia based on morphological variation. *Records of the Western Australian Museum* 22: 47–65.
- Maryanto, I. & S. Higashi. 2008. Comparison of Zoogeography among rats, fruit bats and insectivorous bats on Indonesian Islands. *Treubia* 38: 33–52.
- Matsuura, K., O.K. Sumadiharga & K. Tsukamoto. 2000. *Field Guide to Lombok Island; Identification Guide to Marine Organisms in Seagrass Beds of Lombok Island, Indonesia*. Ocean Research Institute, University of Tokyo, Tokyo: xiii + 253 pp.
- Mouton, Jr E.C. & D.L. Felder. 1995. Reproduction of the Fiddler Crabs *Uca longisignalis* and *Uca spinicarpa* in a Gulf of Mexico Salt Marsh. *Estuaries* 18(3): 469–481.
- Murniati, D.C. 2010. Komposisi jenis kepiting Ocypodidae (Dekapoda: Brachyura) di ekosistem mangrove dan estuari, Taman Nasional Ujung Kulon. *Biota* 15(2): 261–269.
- Naderloo, R., M. Turkay & H. Chen. 2010. Taxonomic revision of the wide-front fiddler crabs of the *Uca lactea* group (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Ocypodidae) in the Indo-West Pacific. *Zootaxa* 25: 1–38.
- Overton, J.L., D.J. Macintosh & R.S. Thorpe. 1997. Multivariate analysis of the mud crab *Scylla serrata* (Brachyura: Portunidae) from four location in Southeast Asia. *Marine Biology* 128: 55–62.
- Pratiwi, R. 2007. Studi kepiting mangrove di Pontianak, Kalimantan Barat. *Biota* 12(2): 92–99.
- Rahayu, D.L., G. Setiadi & R. Pribadi. 2002. Species composition of crabs (Anomura and Brachyura) of mangrove area in Kamora, Papua Province, Indonesia. *JSPS-DGHE International seminar. Crustacean fisheries*: 102–108.
- Rabalais, N.N. & J.N. Cameron. 1983. Abbreviated development of *Uca subcylindrica* (Stimpson, 1859) (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae) reared in the laboratory. *Journal of Crustacean Biology* 3(4): 519–541.
- Rizal, S., I. Setiawan, Muhammad, T. Iskandar & M.A. Wahid. 2009. Simulasi pola arus laut di Perairan Indonesia Timur dengan model kuantitatif tiga dimensi. *Jurnal Matematika dan Sains* 14(4): 113–119.
- Rosenberg, M.S. 2001. The systematics and taxonomy of fiddler crabs: A phylogeny of the genus *Uca*. *Journal of Crustacean Biology* 21(3): 839–869.
- Sastranegara, M.H., H. Fermon & M. Muhlenberg. 2003. Diversity and abundance of intertidal crabs at the east swamp managed areas in Segara Anakan Cilacap, Central Java, Indonesia. Technological and Institutional Innovations for Sustainable Rural

- Development, Deutscher Tropentag, Göttingen: 8 hlm. <http://www.tropentag.de/2003/abstracts/full/177.pdf>, 20 November 2010, pk. 14.45 WIB.
- Soedibjo, B.S. & I. Aswandy. 2007. Pengaruh tipe ekosistem terhadap struktur komunitas krustasea di Teluk Gilimanuk, Bali Barat. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 33: 455—467.
- Vigh, D.A. & M. Fingerman. 1985. Molt staging in the fiddler crab *Uca pugilator*. *Journal of Crustacean Biology* 5(3): 386—396.
- Widyastuti, R., E.Y. Handoko & Suntoyo. 2010. Pemodelan pola arus laut permukaan di perairan Indonesia menggunakan data satelit altimetri Jason-1. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12517-Paper.pdf>, 21 Juni 2011, pk. 22.10 WIB.
- Yamaguchi, T. & Y. Henmi. 2001. Studies on the Differentiation of Handedness in the Fiddler Crab, *Uca arcuata*. *Crustaceana* 74(8): 735—747