

Analisis Variasi Bentuk Karapaks Kuya Batok (*Cuora amboinensis* Daudin, 1802) dan Bajuku (*Orlitia borneensis* Gray, 1873) dengan Metode Elliptic Fourier Descriptors

Tony Febri Qurniawan, Dina Rusiana, dan Abdul Rachman

Laboratorium Anatomi Hewan, Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada

Email: tony_qurniawan@yahoo.com

Diterima Februari 2011 disetujui untuk diterbitkan September 2011

Abstract

Turtles are easily identified because of their shield. The dorsal shield or commonly called carapace is one of characteristics that can be used for turtle's identification. People and researchers usually can distinguish the turtles just by looking at the carapace valve, but not in carapace shape. Both of them sometimes have their own interpretation about it, because carapace shape has a variation. This research was aimed to obtain some information about differences of carapace shape variation between *Cuora amboinensis* and *Orlitia borneensis* quantitatively and also to investigate about characteristic of variation on carapace shape of a species. The specimens were taken from Pusat Penyelamatan Satwa Jogja. The picture of carapace shape of the turtles was changed into bitmap then processed used SHAPE ver 1.3. The variation of carapace contour were extracted by image processing, described and analyzed by Elliptic Fourier Descriptors. Mathematically independent shape characteristics were then identified by Principal Component Analysis of The Elliptic Fourier Descriptors. Principal components represented the aspect ratio of the broad size, length size, and curve or roundness margin of the carapace. Based on result showed that intraspecies variation shape of carapace on *C. amboinensis* and on *O. borneensis* can be analysis into 3 principal component. The principal component 1st (PC1), 2nd (PC2) and 3rd (PC3) components accounted for 82.77%, 10.3% and 4.73% of total shape variation on *C. amboinensis*. The 1st, 2nd and 3rd components accounted for 88.1%, 7.02% and 3.71% of total shape variation on *O. borneensis*. The contribution ratio of PC1 was over 80% on both of species, showing that most of the variation on carapace shape could be explained by the aspect ratio. The PC2 and PC3 were less than 20%, indicated that there is small asymmetric variation degree of roundness on carapace.

Keywords: *Cuora amboinensis*, *Orlitia borneensis*, carapace, Elliptical Fourier Descriptors (EFDs).

Abstrak

Indonesia merupakan habitat 10% dari jenis penyu di seluruh dunia. Hewan ini mudah diidentifikasi karena perisai nya. Perisai punggung atau biasa disebut karapas merupakan salah satu karakteristik yang dapat digunakan untuk identifikasi penyu. Orang biasanya tidak dapat membedakan penyu hanya dengan melihat carapace. Bahkan peneliti kadang-kadang memiliki interpretasi mereka sendiri tentang hal itu. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan beberapa informasi tentang perbedaan antara karapas perisai *Cuora amboinensis* dan *Orlitia borneensis* kuantitatif dan tepat, dan juga untuk mendapatkan informasi tentang variasi bentuk karapas suatu spesies. Spesimen diambil dari Pusat Penyelamatan Satwa Jogja atau PPSJ (Jogja Wild Animal Rescue Center). Gambar perisai karapas kura-kura diubah menjadi bitmap kemudian diolah dengan perangkat lunak komputer yang disebut SHAPE ver 1.3. Hasilnya digunakan untuk menganalisis karapas penyu berdasarkan Deskriptor Fourier Elliptic (EFDs). Analisis EFDs menunjukkan bahwa variasi karapas perisai terbesar adalah pada komponen utama 1 (PC1), yang 82,77% untuk *C. amboinensis* dan 88,1% untuk *O. borneensis*. Variasi berikutnya adalah pada PC2 10,3% (*C. amboinensis*) dan 7,02% (*O. borneensis*). Sementara itu pada PC3 hasilnya adalah 4,73% (*C. amboinensis*) dan 3,71% (*O. borneensis*) pada variasi karapas nya. Berdasarkan hasil ini, kita dapat menyimpulkan bahwa ada variasi dalam kedua spesies di panjang, posterior anterior, dan lebar karapas tersebut. Intraspecies variasi karapas dapat diidentifikasi dari bentuk bagian posterior dan lebar karapas tersebut.

Kata kunci: *Cuora amboinensis*, *Orlitia borneensis*, karapas, eliptical Fourier Descriptors (EFDs)

Pendahuluan

Indonesia memiliki kekayaan alam berupa keanekaragaman fauna, salah satunya adalah kura-kura. Indonesia

merupakan habitat bagi 10% jenis kura-kura air tawar yang ada di seluruh dunia (Barbour, 1992; Iskandar, 2000). Kura-kura yang terdapat di Indonesia saat ini berjumlah 41 jenis. Diperkirakan populasinya akan

semakin berkurang seiring meningkatnya kerusakan habitat alami kura-kura. Apalagi beberapa jenis kura-kura Indonesia yang bersifat endemik misalnya seperti *Orlithia borneensis* sudah termasuk Appendix II dengan status *vulnerable*.

Bangsa kura-kura merupakan suatu kelompok yang sangat terkenal. Telur dan daging kura-kura dikonsumsi oleh masyarakat. Selain itu, kura-kura semakin diminati oleh masyarakat umum untuk dijadikan hewan peliharaan (Pough *et al.*, 1998; Hutchins, 2003). Hewan tersebut mudah dikenali dari perisai yang membungkus tubuhnya. Karapaks merupakan perisai yang membungkus pada bagian dorsal sedangkan plastron merupakan perisai yang membungkus bagian ventral. Jumlah lempeng sisik pada karapaks digunakan oleh ilmuwan untuk ciri identifikasi selain secara morfometri (de Rooij, 1915). Namun, masyarakat awam sedikit sekali yang dapat membedakan *C. amboinensis* dan *O. borneensis* melalui jumlah lempeng sisik pada karapaksnya. Umumnya mereka membedakan melalui pola bentuk karapaks dan warnanya. Padahal bentuk karapaks tiap anggota *familia* kura-kura ternyata bervariasi. Bahkan terkadang dikalangan para peneliti pun sering terjadi perbedaan interpretasi. Selama ini karakter morfometri yang digunakan selain ukuran panjang dan lebar, digunakan karakteristik berupa bentuk/kontur (kurva, bulat, oval, dan kelengkungan). Karakter pembeda berupa bentuk karapaks ini memiliki kekurangan tidak dapat mengkover variasi karapaks secara objektif dan bersifat kualitatif tergantung interpretasi masing-masing pendeskripsi. Pola variasi kontur/bentuk karapaks pada anggota tiap *familia* masih sedikit dipelajari karena keterbatasan metode untuk menelitinya secara kuantitatif.

Kekurangan tersebut dapat ditutupi dengan menggunakan morfometri geometris (Kuhl & Giardina, 1982). Morfometri geometris adalah penggunaan metode statistika multivariat untuk menganalisa data lokasi titik-titik yang mewakili bentuk. Kelebihan dari morfometri geometris antaralain yaitu pengambilan data yang lebih fleksibel, data lokasi titik-titik mengandung informasi bentuk dan ukuran, bentuk dapat direkonstruksi kapan saja dan grafis lebih mudah dimengerti (Rohlf &

Marcus, 1993).

Salah satu metode statistika multivariat yang berhasil efektif diaplikasikan untuk mengevaluasi dan menganalisis variasi dan kovariasi kontur suatu bentuk adalah metode Principal Component *Elliptic fourier descriptors* (EFDs) (Iwata & Ukai, 2002). EFDs bekerja menggunakan digital image sebagai input dan akan menganalisis kontur bentuknya secara matematis dengan merubahnya menjadi variasi koordinat X dan Y (Truong *et al.*, 2005). Metode ini telah banyak dilakukan untuk meneliti variasi morfologi secara kuantitatif pada organ tanaman dan masih sedikit diterapkan pada hewan. Beberapa peneliti seperti Rohlf & Archie (1984), Baltanas *et al.* (2000), Deagling & Jungers (200), Loy *et al.* (2000), Monti *et al.* (2001), Bertin *et al.* (2002), Domergues *et al.* (2003), Christensen (2004), Tracey *et al.* (2006), Juliandi & Farajallah (2007), Kamilari & Sfenthourakis (2009) dan de Aranzamendi *et al.* (2010) telah membuktikan metode EFDs efektif digunakan dalam meneliti variasi morfologi pada hewan.

Penelitian ini diharapkan mampu menganalisis variasi karapaks *C. amboinensis* dan *O. borneensis* secara kuantitatif sehingga dapat mengevaluasi karakter variasi bentuk karapaks pada masing-masing jenis yang dapat dijadikan sebagai karakter pembeda. Mengingat bentuk karapaks bersifat kualitatif (tergantung persepsi subyek) jika dianalisis langsung menggunakan mata. Apalagi keduanya masih berada dalam satu *familia* Geoemydidae sehingga cirri-ciri morfologi terutama bentuk karapaksnya hampir sama dan mata manusia memiliki keterbatasan untuk menganalisis karakter variasi bentuk karapaks pada keduanya.

Materi dan metode

Spesimen dan Foto Karapaks

Spesimen *C. ambonensis* dan *O. borneensis* yang diteliti karapaksnya diperoleh dari Pusat Penyelamatan Satwa Jogja (PPSJ), Kulonprogo. Masing-masing jenis diseleksi dan diambil sembilan sampel dengan ukuran panjang plastronya yang sama yaitu 27 – 28 cm. Setelah itu setiap jenis difoto karapaksnya ditempat khusus dengan kamera digital dengan ketinggian 1 m dari objek, sudut pandang tegak lurus 90° dari objek dan format foto yang sama yaitu

3264 x 2448 pixel, 24 bit dengan mode *no flash* dan *balance* kontras. Dalam penelitian ini digunakan kamera digital Canon *powershoot* A580. Selain itu digunakan pula *software* photoshop CS 2 untuk mengedit foto dari bentuk JPEG menjadi bitmap (BMP) dengan format 256 *grey level* per chanel warna (merah, hijau, biru).

Analisis Principal Component Elliptic Fourier Descriptor

Selanjutnya variasi bentuk karapaks dianalisis menggunakan *principal component elliptic fourier descriptor* yang terdapat pada program SHAPE ver 1.3 oleh Iwata & Ukai (2002). Langkah pertama yang dilakukan adalah merubah format foto karapaks menjadi bitmap, lalu foto tersebut dibuat hitam dengan *background* putih atau dapat dibuat sebaliknya menggunakan *ChainCoder* dengan pilihan binary image 78. *ChainCoder* merupakan aplikasi yang terdapat dalam *software* SHAPE ver 1.3 untuk mengubah gambar penuh warna menjadi *binary* (hitam dan putih) (Iwata *et al.*, 2002). Hal ini berguna untuk mengurangi kesalahan, mencatat kontur objek dan mendiskripsikan informasi kontur sebagai *chain-code*. *Chain-code* merupakan suatu sistem pengkode untuk mendiskripsikan informasi geometrik. *Chain-code* tersebut dimasukkan ke dalam aplikasi selanjutnya, yaitu *Chc2Nef*. *Chc2Nef* menghitung EFDs yang ternormalisasi dari info *chain-code*. Normalisasi penting dilakukan untuk merubah info kontur pada gambar menjadi koefisien matematis dengan menjadikannya data berupa koordinat x dan y serta menganalisisnya menggunakan rumus matematis multivariat yang secara jelas dijelaskan oleh Kuhl & Giardina (1982) dalam publikasinya. *Chc2Nef* menghasilkan *output* berupa *normalized EFDs (*.nef) file* yang akan menjadi *input* pada program selanjutnya, yaitu *PrinComp* (Iwata *et al.*, 2004).

Program ini akan menganalisis variasi dan kovariasi yang ada antara individu dan mewakilkannya ke dalam beberapa *principal component analysis* (PCA) atau komponen

utama secara kuantitatif. Nilai kuantitatif variasi hasil PCA selanjutnya diuji ANOVA untuk mengetahui signifikan dari tiap variasi yang terwakilkan ke dalam PCA. Dari hasil berupa nilai komponen utama serta gambar hasil PCA inilah perbedaan karakter variasi karapaks masing-masing jenis dapat diketahui. Dengan diketahui karakter variasi karapaks secara kuantitatif diharapkan dapat membantu dalam mengidentifikasi keduanya.

Hasil dan Pembahasan

Analisis variasi bentuk dalam studi biologi termasuk hal yang penting untuk dipelajari karena variasi bentuk setiap jenis makhluk hidup memiliki karakter yang khas, kompleks terhadap pengaruh lingkungan dan diturunkan (Iwata *et al.*, 2002; de Aranzamendi *et al.* 2010). Namun analisis variasi bentuk sulit untuk dipelajari secara kuantitatif jika diteliti secara manual dengan mata karena mata manusia memiliki keterbatasan. Apalagi untuk mengamati adanya variasi /perbedaan yang detail dan ukurannya kecil.

Elliptic fourier descriptors (EFDs) sebagai salah satu perkembangan metode untuk menganalisis bentuk dengan mengkonversi input suatu gambar menjadi nilai kuantitatif yang matematis, telah sering digunakan untuk menganalisis variasi bentuk organ suatu jenis atau kelompok makhluk hidup. Dalam penelitian ini salah satunya digunakan untuk menganalisis karakter variasi karapaks *C. amboinensis* dan *O. borneensis*. Variasi dan kovariasi bentuk yang ada antar individu oleh EFDs akan diwujudkan/diwakilkan 100% ke dalam beberapa komponen utama *Principal Component* (PC) yang efektif dengan diuji ANOVA. Hasil penelitian ini diperoleh analisis PC teramati sebanyak 20 variasi bentuk yang ada pada karapaks *C. amboinensis* dan *O. borneensis* dan setelah diuji anova diperoleh hanya 3 PC yang signifikan mewakili variasi yang ada pada karapaks di kedua jenis (seperti disajikan dalam tabel 1).

Tabel 1. Hasil anova dan kontribusi masing-masing komponen utama untuk variasi yang diwakilkan

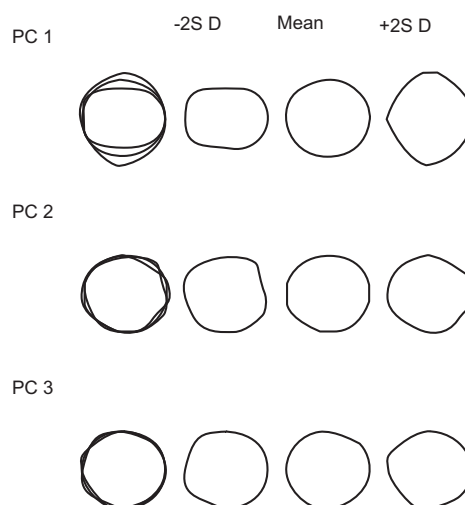
Table 1. Anova results and contribution of each principal component for variation represented

Komponen (PC)		Eigenvalue (10^{-4})	Proporsi (%)	Kumulatif (%)	Mean		P (anova)
					Simetri	Asimetri	
A	1	56,71	82,77	82,77	0,50	0,46	<0,0001*
	2	70,55	10,29	93,1	0,001	0,0009	0,00017*
	3	32,39	4,72	97,79	0,007	0,0065	<0,0001*
B	1	41,32	88,18	88,18	0,50	0,45	<0,0001*
	2	32,88	7,02	95,21	0,0006	0,0025	<0,0001*
	3	17,37	3,71	98,91	0,0001	0,0618	<0,0001*

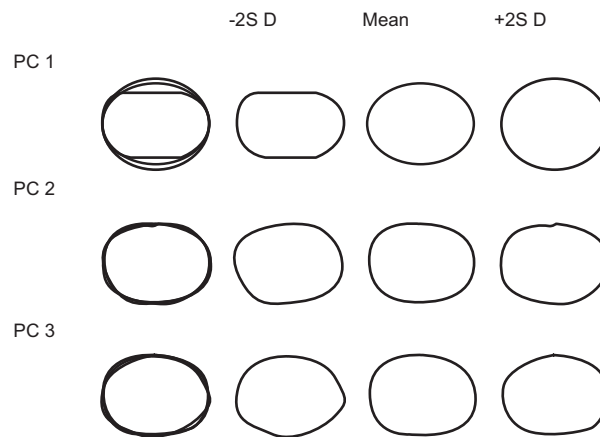
Komponen (PC)		Eigenvalue (10^{-4})	Proporsi (%)	Kumulatif (%)	Mean		P (anova)
					Simetri	Asimetri	
A	1	56,71	82,77	82,77	0,50	0,46	<0,0001*
	2	70,55	10,29	93,1	0,001	0,0009	0,00017*
	3	32,39	4,72	97,79	0,007	0,0065	<0,0001*
B	1	41,32	88,18	88,18	0,50	0,45	<0,0001*
	2	32,88	7,02	95,21	0,0006	0,0025	<0,0001*
	3	17,37	3,71	98,91	0,0001	0,0618	<0,0001*

Setiap PC yang ada akan merepresentasikan variasi yang berbeda dan tidak berkaitan dengan PC selanjutnya (sifatnya orthogonal). PC1 akan merepresentasikan variasi terbesar, disusul PC 2, dan seterusnya pada PC 3 hingga total variasi 100% terwakilkan. Variasi bentuk hasil analisis PC ini meliputi dua komponen variasi

bentuk yaitu variasi bentuk simetri dan asimetri. Nilai PC ini diperoleh dari nilai *eigenvalues* sebagai data penunjang. Sedangkan hasil berupa visualisasi dari variasi bentuk karapaks diperoleh dengan menggunakan nilai mean dan standar deviasi (SD) ± 2 dari hasil analisis EFDs seperti yang disajikan dalam Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Visualisasi PC variasi bentuk karapaks *Cuora amboinensis*
Figure 1. PC Visualisation of carapac shape variation *Cuora amboinensis*



Gambar 2. Visualisasi PC variasi bentuk karapaks *Orlitia borneensis*
Figure 2. PC Visualisation of carapac shape variation of *Orlitia borneensis*

Berdasarkan table 1. nilai komponen utama yang diperoleh PC1 (82,77%) pada *C. amboinensis* dan PC1 (88,18%) pada *O. borneensis*. PC1 merupakan hasil analisis perwakilan variasi terbesar yang terdeteksi pada karapaks untuk kedua jenis. PC1 menyatakan bahwa variasi karapaks yang paling jelas terdeteksi adalah pada rasio antara lebar karapaks dengan panjang karapaks. Nilai PC1 yang lebih besar pada *C. amboinensis* menunjukkan bahwa variasi rasio antara lebar karapaks dengan panjang karapaks pada *C. amboinensis* variasinya lebih besar dibandingkan pada *O. borneensis*. Visualisasi variasi PC1 (gambar 1 dan 2) ditunjukkan oleh standar deviasi (SD) ± 2 , dimana dalam satu spesies dapat memiliki lebar lebih 2 atau kurang 2 dari nilai rata-rata. Pada *C. amboinensis* nilai SD +2 akan terlihat karapaks yang lebarnya lebih dari panjang karapaks. Pada *O. borneensis*, nilai SD +2 akan menunjukkan karapaks yang membulat dengan bagian anterior dan posterior yang juga membulat. Namun, SD -2 perbedaan karapaks kedua kura-kura tersebut hampir tak terlihat.

Variasi selanjutnya yang telah berhasil terdeteksi pada karapaks *C. amboinensis* dan *O. borneensis* diwakilkan oleh PC2 dan PC3. PC2 mewakili variasi bentuk pada bagian caudal/posterior karapaks dan PC3 mewakili variasi bentuk pada daerah cranial/anterior karapaks. Nilai PC2 dan PC3 *C. amboinensis* adalah 10,3% dan 4,73% sedangkan PC2 dan PC3 *O. borneensis* adalah 7,02% dan 3,71%. Nilai PC2 dan PC3 yang tidak lebih dari 10% menunjukkan variasi ini akan sulit dideteksi secara manual dengan mata atau perlu kejelian dan ketelitian untuk dapat

mengetahuinya. Namun dengan EFDs kita dapat mengetahuinya dengan mudah.

Pada *C. amboinensis*, PC2 lebih besar dibandingkan pada *O. borneensis*. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk bagian posterior karapaks *C. amboinensis* lebih bervariasi sebesar 3% saja. Serta jika dilihat dari perbedaan nilai mean asimetri dengan simetri yang lebih besar pada PC2 *C. amboinensis* menunjukkan adanya variasi bentuk posterior karapaks yang khas pada *C. amboinensis*. Maka bentuk karapaks pada bagian posterior dari *C. amboinensis* dapat dijadikan karakter khas sebagai identifikasi. Visualisasi yang didapat (gambar 1 dan 2) terlihat *C. amboinensis* menunjukkan bagian posterior yang tidak membulat dan asimetris hanya pada sisi tertentu. Sedangkan pada *O. borneensis* tidak menunjukkan adanya variasi bentuk karapaks yang khas yang dapat dijadikan sebagai identifikasi. Terakhir, variasi terlihat pada PC3 yaitu pada bagian anterior karapaks. Dari nilai PC3 maka dapat diketahui bahwa *C. amboinensis* memiliki variasi yang lebih besar pada *O. borneensis* perbedaannya yaitu sebesar 3%. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk karapaks pada bagian anterior pada *C. amboinensis* dapat dijadikan karakter khas untuk membantu identifikasi.

Kesimpulan

Perbedaan variasi bentuk karapaks pada *C. amboinensis* dan *O. borneensis* telah berhasil dianalisis dengan menggunakan metode *Elliptic fourier descriptors* (EFDs). Variasi bentuk karapaks signifikan diwakilkan ke dalam 3 PC

(*principal component*), yaitu PC1 82,77% (*C. amboinensis*) dan 88,1% (*O. borneensis*) mewakili variasi rasio antara lebar dengan panjang karapaks, PC2 10,3% (*C. amboinensis*) dan 7,02% (*O. borneensis*) yang mewakili variasi bentuk pada bagian posterior karapaks dan terakhir PC3 4,73% (*C. amboinensis*) dan 3,71% (*O. borneensis*) yang mewakili variasi pada bagian anterior karapaks.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kepada Bpk. Hartono, manajer PPSJ yang telah memberi izin untuk mengambil data, kepada Berry Juliandi dari Departemen Biologi FMIPA Universitas Pertanian Bogor yang telah bersedia membagi ilmu dan program SHAPE ver.1.3 dan kepada Fuad Uli Addien dari **Kelompok Studi Herpetologi Biologi UGM yang telah banyak membantu selama penelitian.**

Daftar Pustaka

- Barbour, R. and C. Ernst. 1992. *Turtles of the World*. Smithsonian Institute Press. pp: 280
- Baltanas, A., M. Otero, L. Aqueros, G. Rossetti and Valeria Rosii. 2000. Ontogenic changes in the carapace shape of the non-marine ostracod *Eucypris virens* (Jurine). *Hydrobiologia* 419: 65-72
- Bertin, A., David B., Cezilly F., and Alibert P. 2002. Quantification of sexual dimorphism in *Asellus aquaticus* (Crustacea: Isopoda) using outline approaches. *Biol J Linn Soc* 77: 523-533
- Christensen, A.M. 2004. Assessing the variation in individual frontal sinus outlines. *Am J Phys Anthropol* 127: 291-295
- Daegling, D.J. and W.L. Jungers. 2000. Elliptical Fourier analysis of symphyseal shape in great ape mandibles. *J Hum Evol* 39: 107-122
- de Aranzamendi, M.C., J.J. Martinez, and R. Sahade. 2010. Shape differentiation and characterization in the two morphotypes of the Antarctic limpet *Nacella concina* using elliptical Fourier analysis of shells. *Polar biol* 33: 1163-1170
- de Rooij, N. 1915. *The Reptiles of The Indo-Australian Archipelago, Lacertilia. Chelonia, Emydosauria. Volume I.* E J Brill Ltd. Leiden
- Dommergues E., J.L. Dommergues, F. Magniez, P. Neige and E.P. Verrecchia. 2003. Geometric measurement analysis versus Fourier series analysis for shape characterization using the gastropod shell (*Trivia*) as an example. *Math Geol* 35: 887-894
- Hutchins, M., J.B. Murphy and N. Schlager. 2003. *Grizimek's Animal Life Encyclopedia second edition Volume 7 Reptiles*. Gale Group. Farmington Hill
- Iskandar, D.T. 2000. *Kura-kura dan Buaya*. PAL Media Citra. Bandung.
- Iwata, H., N. Hirohisa, N. Seishi, T. Yasushi and U. Yasuo. 2002. *Diallel Analysis of Leaf Shape Variations of Citrus Varieties on Elliptic Fourier Descriptor*. *Breeding Science* 52: 89-94
- Iwata, H., H. Nesumi, M. Seiji, T. Yasushi and U. Yasuo. 2002. *The evaluation of Genotype x Environment Interactions of Citrus leaf Morphology using Image Analysis and Elliptical Fourier Descriptors*. *Breeding Science* 52: 243-251
- Iwata, H., Satoshi, N., Seiji, M., Yasushi, T. and Yasuo, U. 2004. *Interaction between Genetic Effects and Soil Type in diallel Analysis of Root Shape and Size of Japanese Radish (Raphanus sativus L.)*. *Breeding Science* 54: 313-318
- Kamilari, M. and S. Sfenthourakis. 2009. A morphometric approach to the geographic variation of the terrestrial isopod species *Armadillo tuberculatus* (Isopoda: Oniscidea). *J Zool Syst Evol Res* 47: 219-226
- Kuhl, F.P. and C.R. Giardina. 1982. Elliptic Fourier features of a closed counter. *Comp. Graph. Ima. Proc.* 18: 236-258
- Loy A., S. Busilacchi, C. Costa, F. Ferlin and S. Cataudella. 2000. Comparing geometric morphometrics and outline fitting methods to monitor fish shape variability of *Diplodus puntazzo* (Teleostea: Sparidae). *Aquacult Eng* 21: 271-283
- Monti, L., M. Baylac and B. Lalane-Cassou. 2001. Elliptic Fourier analysis of the form

- of genitalia in two *Spodoptera* species and their hybrids (Lepidoptera: Noctuidae). *Biol J Linn Soc* 72: 391–400
- Pough, F.H., R.M. Andrews, J.E. Cadle, M.L. Crump, A.H. Savitzky and K.D. Wells. 1998. *Herpetology*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Rohlf, F.J. and J.W. Archie. 1984. A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes (*Dipter culicidae*). *Syst. Zool.* 33: 302–317.
- Rohlf, F.J. and L.F. Marcus. 1993. A revolution in morphometrics. *Tree* 8(4): 129–132.
- Truong, T.N., J.G. Gwang, Y.J. Park and S.H. Lee. 2005. Genetic Diversity of Soybean Pod Shape Based on Elliptic Fourier Descriptors. *Korean J. Crop Sci* 50 (1)
- Yoshioka, Y., H. Iwata, R. Oshawa and S. Ninomiya. 2004. Analysis of Petal Shape Variation of *Primula sieboldii* by Elliptic Fourier Descriptors and Principal Component Analysis. *Annals of Botany* 94: 657–664
- Juliandi, B. dan F. Ahmad. 2007. Analisis Variasi Bentuk Karapas *Cuora amboinensis* (Daudin, 1802) dan *Cyclemys dentata* (Gray, 1831) (Bataguridae; Testudinata) Menggunakan Deskriptor Fourier Eliptikal. Seminar Nasional Herpetologi Institut Pertanian Bogor.
- Tracey, S.R., M.L. Jeremy and D. Guy. 2006. Application of Elliptical Fourier Analysis of Otolith Form as a Tool for Stock Identification. *Fisheries Research* 77: 138–147