

LAPORAN AKHIR
Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (M)



**KARAKTERISTIK BIO-GEOGRAFI DAN PHYLO-GENETIK
IKAN HASIL TANGKAP PERIKANAN LAUT DI JAWA TIMUR**

Tahun ke – 1 dari rencana 3 tahun

Ketua : Ir. Dewa Gede Raka Wiadnya, MSc. ((0019015905))

Anggota : 1. Prof. Ir. Marsoedi, PhD. (0020034601)

2. Wahyu E. Kusuma, S.Pi., MP. (0026088204)

Dibiayai oleh:

Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi,
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Melalui DIPA Universitas Brawijaya
Nomor: DIPA-023.04.2.414989/2013, Tanggal 5 Desember 2012, dan berdasarkan
SK Rektor Universitas Brawijaya Nomor: 153/SK/2013 Tanggal 28 Maret 2013

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
DESEMBER 2013**

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI

Judul Kegiatan : Karakteristik Bio-geografi dan Phylo-Genetik Ikan Hasil Tangkap Perikanan Laut Jawa Timur
Kode>Nama Rumpun Ilmu : 232 / Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan
Bidang Unggulan PT : Ketahanan Pangan
Topik Unggulan : Pengembangan Tanaman Pakan
Ketua Peneliti
A. Nama Lengkap : Ir. Dewa Gede Raka Wiadnya, M.Sc.
B. NIDN : 0019015905
C. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
D. Program Studi : Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan
E. Nomor HP : 08123 855274
F. Surel (e-mail) : gwiadnya@gmail.com
Anggota Peneliti (1)
A. Nama Lengkap : Prof. Ir. Marsoedi, PhD
B. NIDN : 0020034601
C. Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Anggota Peneliti (2)
A. Nama Lengkap : Wahyu E. Kusuma, SPi., MP
B. NIDN : 0026088204
C. Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Lama Penelitian Keseluruhan : 3 (tiga) Tahun
Penelitian Tahun ke : 1
Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp 227.000.000,00
Biaya Tahun Berjalan :
- diusulkan ke DIKTI Rp 52.000.000,00
- dana internal PT Rp 0,00
- dana institusi lain Rp 0,00
- inkind sebutkan tidak ada



(Prof. Dr. Ir. Diana Arfiati, MS.)
NIP/NIK 195912301985032002

Malang, 30-11-2013,
Ketua Peneliti,

(Ir. Dewa Gede Raka Wiadnya, M.Sc.)
NIP/NIK 195901191985031003



(Prof. Dr. Ir. Siti Chuzaemi, MS.)
NIP/NIK 195305141980022001

ABSTRAK

Penelitian aspek bio-geografi ikan hasil tangkap pada 5 (lima) subWilayah Pengelolaan Perikanan (SubWPP) di Jawa Timur (Utara Jawa, Selat Madura, Madura Kepulauan, Selat Bali, dan Selatan Jawa) telah dilakukan pada Tahun Anggaran 2013. Penelitian merupakan urutan pertama dari seri penelitian secara keseluruhan yang berlangsung selama 3 (tiga) tahun. Luaran akhir dari penelitian ialah perancangan “jejaring kawasan konservasi perairan (KKP) yang disusun berdasarkan informasi perikanan dan keanekaragaman sumberdaya hayati laut. Pada penelitian tahun pertama (2013) dilakukan pemetaan terhadap suhu permukaan air laut dan chlorophyll, survey perikanan tangkap, identifikasi morfo-spesies ikan hasil tangkap dan konfirmasi genetic. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi suhu permukaan air laut dan chlorophyll, terutama pada musim kemarau. Variasi suhu yang tinggi di Selatan Jawa dan Selat Bali menyebabkan up welling dan konsentrasi chlorophyll yang lebih tinggi. Ikan hasil tangkap di wilayah Utara Jawa dan Madura didominasi oleh ikan-ikan demersal. Sebaliknya, ikan hasil tangkap di wilayah Selatan Jawa terdiri dari ikan-ikan pelagis, seperti tuna, cakalang dan tongkol. Perairan Madura Kepulauan didominasi oleh ikan-ikan karang seperti kerapu. Sedangkan perairan Selat Bali merupakan lokasi penangkapan ikan yang khusus untuk perikanan lemuru. Identifikasi morfo-spesies mendapat 11 spesies yang tersusun dari 54 famili. Dua spesies, *Leiognathus daura* dan *Thryssa setirostris*, hanya ditemukan di wilayah Pantai Dangkal, Pacitan. Spesies *Eublekeria splendens*, ditemukan secara bersama di Pantai Dangkal (Pacitan) dan Sumenep (Madura Kepulauan). Sebaran nelayan dan pelabuhan perikanan lebih terkonsentrasi di wilayah Utara Jawa dan Selat Madura. Tekanan penangkapan yang relative tinggi ini menyebabkan kedua wilayah tersebut mengalami tangkap lebih dan berkurangnya keanekaragaman spesies.

ABSTRACT

Mapping on sea surface temperature (SST) and Chlorophyll, together with catch-effort surveys (CES), were conducted at 5 fisheries management areas of East Java, between May – October 2013. The study aims to characterize coastal fisheries per management area in line with the plan to develop network design of marine protected areas (MPA) in the region. SST and Chl-a showed monthly variation among geographical areas particularly during dry season (July – September). Demersal species dominated in the catch composition of North-Java Sea and Madura Strait. On the contrary, catches in the South-Java Sea mostly consisted of Tuna pelagic species. Madura Islands was typical for reef associated species and Bali Strait for Lemuru, Oil Sardinella. Catches of coastal fisheries composed of 111 finfish species from 54 different families. Two rare species were found in Pacitan (Pantai Dangkal): *Leiognathus daura* (Family: Leiognathidae) and *Thryssa setirostris* (Family: Engraulidae). *Eublekeria splendens* was found together in Pantai Dangkal (Pacitan) and Sumenep (Madura Islands). These probably due to low fishing pressure in the area as indicated from the number of fishermen. It is clear that marine capture fisheries in East Java should be managed locally. Maintaining free-entry principle to fisheries will lead to resource depletion and fishery collapse in North Java and Madura Strait.

RINGKASAN

Penelitian karakteristik bio-geografi dan phylogenetik ikan hasil tangkap perikanan laut di Jawa Timur rencananya dilakukan selama 3 (tiga) dengan luaran akhir berupa rancangan jejaring kawasan konservasi perairan (KKP) di Jawa Timur. Kegiatan penelitian pada tahun pertama sudah diselesaikan pada Tahun Anggaran (TA) 2013. Tujuan penelitian ditekankan pada aspek bio-geografi perikanan tangkap yang meliputi: sebaran suhu permukaan dan chlorophyll, karakteristik nelayan dan alat tangkap, pelabuhan perikanan, ikan hasil tangkap dan identifikasi spesies ikan dalam hasil tangkapan. Diskripsi geografis dari masing-masing sub-wilayah pengelolaan perikanan (SubWPP Utara Jawa, Selat Madura, Madura Kepulauan, Selat Bali dan Selatan Jawa) dilakukan melalui analisis sebaran chlorophyll dan suhu permukaan air laut selama setahun pada tahun 2011 (satellite Aquamodis - www.oceancolor.gsfc.nasa.gov). Rata-rata suhu permukaan perairan Selatan Jawa Timur lebih rendah $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dibandingkan dengan wilayah perairan Selat Madura maupun Utara Jawa. Hal ini disebabkan karena perairan Utara dan Selat Madura relative dangkal dan terpengaruh oleh sedimentasi dari muara Sungai Bengawan Solo dan Sungai Berantas. Sebaran chlorophyll masih dalam proses analisis, namun perairan Selat Madura diduga mempunyai kesamaan karakter dengan Utara Jawa. Sedangkan perairan Selat Bali lebih dekat dengan kondisi perairan Selatan Jawa Timur. Kondisi ini akan mempengaruhi jenis-jenis ikan yang tertangkap pada masing-masing perairan tersebut.

Berdasarkan data dari Direktorat Pelabuhan Perikanan (www.pipp.kkp.go.id), jumlah total pelabuhan perikanan di Indonesia mencapai 937 unit. Diantara jumlah tersebut, 95 unit ($\pm 10\%$) terletak di wilayah pesisir pantai Propinsi Jawa Timur. Konsultasi dengan Pemerintah Jawa Timur menyatakan jumlah total pelabuhan perikanan hanya mencapai 85 unit. Survey lapang dan penelusuran melalui Google Earth mendapatkan geo-posisi dari 46 unit pelabuhan perikanan, terdiri dari: 2 (dua) Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN), 7 (tujuh) Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP), dan sisanya 37 unit termasuk dalam kategori Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI).

Sampling jenis-jenis ikan hasil tangkap sudah dilakukan pada 7 (tujuh) lokasi berbeda yang mewakili kelima SubWPP, ialah: Gelondonggede (Tuban), Brondong (Lamongan), Mayangan (Probolinggo), Sumenep (Madura), Pulau Santen (Banyuwangi), Prigi (Trenggalek), dan Pantai Dangkal (Pacitan). Hasil identifikasi morfo-spesies mendapatkan total 111 spesies hasil tangkap yang tersusun dari 54 Famili. Famili Carangidae ditemukan mempunyai anggota spesies terbanyak (15 jenis), diikuti oleh Famili Leiognathidae (13 spesies), Famili Clupeidae (7 spesies), diikuti oleh Famili Gerreidae dan Nemipteridae dengan masing-masing 4 spesies. Masing-masing specimen yang sudah diidentifikasi dipreservasi dalam dua tahap: formalin dan alcohol jenuh. Kedua jenis preservasi menyebabkan memudarnya warna ikan yang bahkan sering menjadi kunci penting dalam identifikasi morfospesies. Oleh karena itu, setiap specimen dilengkapi dengan foto, terutama ketika ikan masih segar.

Hasil analisis menunjukkan adanya beberapa jenis ikan yang umum ditemukan pada ke-empat wilayah perairan yang sudah diteliti. Contoh dari kategori spesies ini ialah ikan petek bondol, *Photopectoralis bindus*. Sebaliknya, ada beberapa jenis ikan yang hanya

ditemukan pada wilayah tertentu dan tidak ditemukan di wilayah lainnya. Dua jenis ikan teri, *Tryssa setirostris* dan *Tryssa mystax*, hanya ditemukan di lokasi perairan Pacitan, Selatan Jawa. Perairan Pacitan juga menjadi khas karena ditemukan jenis petek minggir, *Leiognathus daura*, yang tidak ditemukan pada lokasi sampling lainnya. Catatan perikanan demersal pada awal tahun 1970an (Pauly, 1977) menunjukkan bahwa ikan ini menjadi salah satu hasil tangkap di wilayah Utara Jawa.

Indonesia ialah negara dengan jumlah spesies ikan terbanyak di dunia (Froese & Pauly, 2011; Appeltans, 2012). Ciri morfologis suatu spesies sering kali sulit dibedakan dengan spesies terdekatnya. Oleh karena itu, dilakukan konfirmasi genetic dari 5 jenis ikan Famili Leiognathidae. Hal ini dilakukan melalui analisis DNA pada region mitochondria (16S rRNA). Hasil sequencing DNA dibandingkan dengan database yang bisa diakses melalui Basic Local Alignment Search Tool (BLAST, NCBI) Program. Kelima jenis ikan tersebut terkonfirmasi sebagai spesies: *Photopectoralis bindus* (2 sample), *Photoplagios leuciscus*, *Secutor insidiator* dan *Gazza rhombea*. Koleksi foto-foto morfospesies sedang dipersiapkan untuk dijadikan petunjuk identifikasi pada buku ICHTHYOLOGY SYSTEMATIC di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK-UB). Sedangkan koleksi specimen akan digunakan sebagai alat pada kegiatan praktikal dari mata kuliah yang sama.

Hasil penelitian sudah dipresentasikan dalam bentuk makalah pada seminar internasional di Pekanbaru, Riau (2nd International Seminar of Fisheries and Marine: managing aquatic resources towards blue economy; 6-7 November 2013). Judul makalah untuk oral presentation ialah: geographical characteristics of coastal fisheries of East Java Sea. Kegiatan selanjutnya yang sedang berjalan ialah persiapan untuk publikasi article internasional dan buku ajar. Judul dari draft article ialah: Silverbelly's (Family: Leiognathidae) species of East Java, Indonesia: Fishery-Based Data, dengan target journal: Asian Fisheries Society.

SUMMARY

Research on bio-geography and phylogenetic of catch species in East Java is scheduled for three years with final output “network design of marine protected areas (MPAs)” considering the sustainability of fisheries and conservation of marine biodiversity. The first phase research is completed during calendar year of 2013. It focused on bio-geographical aspects of marine capture fisheries that include: mapping of sea surface temperature (SST) and chlorophyll, fishery characteristics (fishermen, fishing vessels and fishing gears), fish landing sites, catch composition, identification of catch species based on sampling at 7 (seven) landing sites representing all 5 (five) sub fisheries management areas (SubWPP): North Java, Madura Strait, Madura Islands, Bali Strait and South Java Sea. Data on SST and chlorophyll were downloaded from satellite images (aquamodis – www.oceancolor.gfsc.nasa.gov). Yearly average of SST in South Java Sea and Bali Strait was $\pm 2^{\circ}\text{C}$ lower than that of North Java Sea and Madura Strait. In contrary, monthly SST variation was higher. This lead to up welling, nutrient enrichment, and finally ended up with high chlorophyll concentration.

Based on data from Directorate of Fishing Harbor (www.pipp.kkp.go.id), total numbers of fishing landing sites in Indonesia is currently reached 973 units, from which 95

units ($\pm 10\%$) was located in East Java. Consultation with Provincial Fisheries Service of East Java (DPK Jatim) concluded with a total numbers of 85 units. Our field surveys found 46 active fish landing sites all over the coast in East Java. It consisted of 2 (two) categories of territorial fishing harbors (PPN), 7 (seven) coastal fishing harbors (PPP), and 37 units of fish landing sites (PPI).

Sampling of catch species was held at 7 (seven) different fish landing sites that representing all five subWPP: Gelondonggede (Tuban), Brondong (Lamongan), Mayangan (Probolinggo), Sumenep (Madura), Pulau Santen (Banyuwangi), Prigi (Trenggalek), and Pantai Dangkal (Pacitan). The result of morpho-species identification found 111 species comprise up of 54 different families. Families with highest numbers of species in the catch were Carangidae (15 species), followed by Leiognathidae (13 species), Clupeidae (7 species) and Gerreidae together with Nemipteridae, each with 4 different species. The collected specimen (type specimen) were preserved with formalin 10% for 2x 24 hours and followed with saturated alcohol. Alcohol is considered a non carcinogenic material but will dissolve color of the specimen. Hence, prior to preservation, each specimen was equipped with photographs to document color of the specimens.

There is common catch species found in every landing site, such as *Photopectoralis bindus* (Leiognathidae) and some species from the family of Carangidae. *Leiognathus daura* (Leionathidae), was only found in Pantai Dangkal (Pacitan). Research on demersal fisheries conducted in early 1970s (Pauly, 1977) showed that the species was common in the North Java Sea. *Thryssa setrostris* and *Thryssa mystax* (Engraulidae: Anchovies) were again, only found in the catch of fishermen of Pantai Dangkal, Pacitan.

Indonesia is a country with highest number of marine fish species (Froese & Pauly, 2011; Appeltans, 2012). It is common that morphological characteristics alone may not always a good identifier to distinguish species, resulted in not confirmed species. To avoid misidentification, DNA analysis was completed based on mitochondrial region (16S rRNA analysis). The result of DNA sequencing was compared with accessible DNA database through BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) Program. Analysis using 5 samples confirmed with high similarity to DNA database available at www.ncbi.nlm.nih.gov. the species were *Photopectoralis bindus* (2 specimen), *Photoplagios leuciscus*, *Secutor insidiator*, and *Gazza rhombea*. The photographs of all 111 species were stored together with the specimen and prepared for the lecture note in ICHTHYOLOGY SYSTEMATIC. The book will be made available as guideline for fish identification tool during practical activities.

The result of this first year research has been presented in 2nd International Seminar of Fisheries and Marine: Managing Aquatic Resources Towards Blue Economy, organized in Pekanbaru, Riau, on November 6-7, 2013. The paper entitled: geographical characteristics of coastal fisheries of East Java Sea, Indonesia. An article is being drafted for international publication. The article is entitled: Silverbelly's (Family: Leiognathidae) species of East Java, Indonesia: Fisheries-Based Data. The target journal of this article is Asian Fisheries Society.

DAFTAR PUSTAKA

- Appeltans, W. (2011). World Register of Marine Species. Worms. Retrieved 2/11/2011, Accessed from www.marinespecies.org on 01/11/2012.
- Avise, J. C. (2006). Evolutionary pathways in nature: a phylogenetic approach. Cambridge, Cambridge University Press: 286.
- Bouchon-Navaroa, Y., C. Bouchona, M. Louisa, P. Legendre (2005). Biogeographic patterns of coastal fish assemblages in the West Indies. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **315**: 31-47.
- Briggs, J. C., (2005a). The marine East Indies: diversity and speciation. *Journal of Biogeography***32**: 1517-1522.
- Briggs, J. C., 2005b. Coral reefs: Conserving the evolutionary sources. *Biological Conservation***126**: 297-305.
- BRKP (2007). Buku Penataan Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP). Jakarta, Balai Riset Kelautan & Perikanan, DKP.
- Carpenter, K. E., & V.H. Niem (1998a). The living marine resources of the Western Central Pacific. FAO species identification guide for fishery purposes. Rome, Italy, FAO. Volume 1: Seaweeds, corals, bivalves and gastropods: 1-686.
- Carpenter, K. E., & V.H. Niem (1998b). The living marine resources of the Western Central Pacific. FAO species identification guide for fishery purposes. Rome, Italy, FAO. Volume 2: Cephalopods, crustaceans, holothurians and shark: 688-1396.
- Carpenter, K. E., & V.H. Niem (1999a). The living marine resources of the Western Central Pacific. FAO species identification guide for fishery purposes. Rome, Italy, FAO. Volume 3: Batoid fishes, chimaeras and bony fishes part 1 (Elopidae to Linophrynidae): 1398-2067.
- Carpenter, K. E., & V.H. Niem (1999b). The living marine resources of the Western Central Pacific. FAO species identification guide for fishery purposes. Rome, Italy, FAO. Volume 4: Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae): 2069-2790.
- Carpenter, K. E., & V.H. Niem (2001a). The living marine resources of the Western Central Pacific. FAO species identification guide for fishery purposes. Rome, Italy, FAO. Volume 5: Bony fishes part 3 (Menidae to Pomacentridae): 2791-3379.
- Carpenter, K. E., & V.H. Niem (2001b). The living marine resources of the Western Central Pacific. FAO species identification guide for fishery purposes. Rome, Italy, PAO. Volume 6: Bony fishes part 4 (Labridae to Latimeriidae), estuarine crocodiles, sea turtles, sea snakes and marine mammals: 3381-4218.
- Cassini, M. H. (2011). Ecological principles of species distribution models: the habitat matching rule. *J. Biogeogr.* **38**: 2057-2065.
- Chakrabarty, P., & J.S. Sparks (2008). Diagnoses for *Leiognathus* Lacepe`de 1802, *Equula* Cuvier 1815, *Equulites* Fowler 1904, *Eubleekeria* Fowler 1904, and a New Ponyfish Genus (Teleostei: Leiognathidae). *Novitates* **3623**: 1-11.
- Cox, C.B. (2010). Underpinning global biogeographical schemes with quantitative data. *J. Biogeogr.* **37**: 2027-2028.

- DJP (1975). *Ketentuan Kerja Pengumpulan, Pengolahan dan Penyajian Data Statistik Perikanan. Buku I - Standar Statistik Perikanan*. DJP. Jakarta, Indonesia, Direktorat Jenderal Perikanan. **v.1**: 207.
- DKP (2011) Laporan statistik perikanan tangkap Jawa Timur tahun 2011. Surabaya, DKP Jawa Timur, 94pp
- Dudley, N. (2008). *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. N. Dudley. Gland, Switzerland, IUCN: x + 86.
- FAO, (2008). *The state of world fisheries and aquaculture*. Rome, Italy, FAO Fisheries and Aquaculture Department: 176.
- Fattorini, S. (2011). Influence of island geography, age and landscape on species composition in different animal groups. *J. Biogeogr.* **38**: 1318-1329.
- Fischer, W., & P.J.P. Whitehead (1974). *FAO species identification sheets for fishery purposes. Eastern Indian Ocean (fishing area 57) and Western Central Pacific (fishing area 71). Volume I: Bony Fishes: Families from A to C*. Rome, Italy, FAO. **1**: 1-214.
- Froese, R., & D. Pauly (2011). *Fish Base: World wide web electronic publication*. www.fishbase.org, version 02/2011. Penang, Malaysia, World Fish Center.
- Gloerfelt-Tarp, T., & P.J. Kailola (1985). *Trawled fishes of Southern Indonesia and Northwestern Australia*. Indonesia, ADAB-GTZ-DGF Indonesia, 406pp
- Green, A. L., & P.J. Mous, (2008). *Delineating the Coral Triangle, its Ecoregions and Functional Seascapes*. South Brisbane, Australia, TNC Coral Triangle Program Report: 44.
- Hoeksema, B. W., (2007). *Delineation of the Indo-Malayan Centre of Maximum Marine Biodiversity: The Coral Triangle. Biogeography, Time, and Place: Distributions, Barriers, and Islands*. W. Renema. Leiden, the Netherlands, Springer: 117-178.
- Humphries, C. J., & L.R. Parenti (1999). *Cladistic Biogeography: interpreting patterns of plant and animal distributions. Oxford Biogeography Series*. A. Hallam, B.R. Rosem & T.C. Whitmore (Eds). Oxford, Oxford University Press: 187
- KKP (2010) *Pedoman umum pemanfaatan kawasan konservasi perairan untuk kegiatan penelitian dan pendidikan*. Jakarta, Direktorat Konservasi Kawasan dan Ikan., 99pp
- Kocher, T. D., W.K. Thomas, A. Meyer, S.V. Edwards, S. Paabo, F.X. Villablanca, & A.C. Wilson (1989). Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: Amplification and sequencing with conserved primers. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **86**: 6196-6200.
- Kottelat, M., A.J. Whitten, S.N. Kartikasari, & S. Wirjoatmodjo (1993). *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi [Ikan air tawar Indonesia Bagian Barat dan Sulawesi]*. Jakarta, Indonesia, Periplus Editions.
- Kuiter, R. H., & T. Tonozuka (2001). *Pictorial guide to Indonesian reef fishes*. Seaford, Australia, Zoonetics. **v.2: Fusiliers & Dragonets**: 303-622.
- Kuiter, R. H., & T. Tonozuka (2001). *Pictorial guide to Indonesian reef fishes*. Seaford, Australia, Zoonetics. **v.1: Eels to Snappers**: 1-302.
- Kuiter, R. H., & T. Tonozuka (2001). *Pictorial guide to Indonesian reef fishes*. Seaford, Australia, Zoonetics. **v.3: Jawfishes to Sunfishes**: 623-865
- Mous, P. J., J.S. Pet, Z. Arifin, R. Djohani, M.V. Erdmann, A. Halim, M. Knight, L. Pet-Soede, & G. Wiadnya (2005). "Policy needs to improve marine capture fisheries

- management and to define a role for marine protected areas in Indonesia." *Fisheries Management and Ecology* **12**: 259-268.
- Nelson, J. S. (2006). *Fishes of the world*. New Jersey, USA., John Wiley & Sons.
- Pauly, D. (1977). "The Leiognathidae (Teleostei): their species, stocks, and fisheries in Indonesia, with notes of the biology of *Leiognathus splendens* (Cuvier)." *Marine Reserach in Indonesia* **19**: 73-93.
- Pet, J. S., W.L.T. van Densen, M.A.M. Machiels, M. Sukkel, & D. Setyohadi (1997). "Length based analysis of population dynamics and stock identification in the Sardine Fisheries around East Java, Indonesia." *Fisheries Research* **31**: 107-120.
- Pet, J. S., W.L.T. van Densen, M.A.M. Machiels, M. Sukkel, D. Setyohadi, & A. Tumuljadi (1997). "Catch effort and sampling strategies in the highly variable sardine fisheries around East Java, Indonesia." *Fisheries Research* **31**(121-137).
- Pet, J.S., W.L.T. van Densen, M.A.M. Machiels, M. Sukkel, and D. Setyohadi, 1997a. Length Based Analysis of Population Dynamics And Stock Identification In The Sardine Fisheries Around East Java, Indonesia. *Fisheries Research***31**: 107-120.
- Pet, J.S., W.L.T. van Densen, M.A.M. Machiels, M. Sukkel, D. Setyohadi, & A. Tumuljadi, (1997b). Catch Effort And Sampling Strategies In The Highly Variable Sardine Fisheries Around East Java, Indonesia. *Fisheries Research***31**: 121-137.
- PISCO, 2007. The science of marine reserves [2nd edition, Latin America and Caribbean]. www.piscoweb.org, 22pp
- Randall, J.E., & K.K.P. Lim (eds.) (2000). A checklist of the fishes of the South China Sea. *Raffles Bull. Zool. Suppl.* **8**:569-667.
- Rocha, L. A., K.C. Lindeman, C.R. Rocha, & H.A. Lessios (2008). Historical biogeography and speciation in the reef fish genus *Haemulon* (Teleostei: Haemulidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* **48**: 918-928.
- Schuster, W.H. and R. Djajadiredja, 1952. Local common names of Indonesian fishes. W.V. Hoeve, Bandung, Indonesia. 276 p.
- Seah, Y. G., G. Usup, C.A.R. Mohamed, A.B. Arshad, & M.A. Ghaffar (2012). Phylogeny and morphological delineation of leiognathids in the waters of Peninsular Malaysia. *Coastal Marine Science* **35**(1): 91-95.
- Setyohadi. D., D.O. Sutjipto, & D.G.R. Wiadnya, (1998). Dinamika populasi ikan Lemuru, *Sardinella lemuru* di Perairan Selat Bali serta alternatif pengelolaannya. [Fish population dynamics of lemuru, *Sardinella lemuru* Lin., and its alternative management]. *Jurnal penelitian Ilmu-ilmu hayati*, **10**(1), 91 – 104
- Setyohadi.D., D. Nugroho, A. Muharyanto, D.G.R. Wiadnya, & Martinus, (2000). Biologi dan Distribusi sumberdaya udang Penaeid berdasar hasil tangkapan di perairan Selat Madura [Biology and distribution of shrimp resources based on catches in Madura Strait]. *Jurnal Agritek*, **8**(3), 368-381
- Sparks, J. S., P.V. Dunlap, & W.L. Smith (2005). Evolution and diversification of a sexually dimorphic luminescent system in ponyfishes (Teleostei: Leiognathidae), including diagnoses for two new genera. *Cladistics* **21**: 305-327.
- Weins, J. J., & M.J. Donoghue (2004). Historical biogeography, ecology and species richness. *TRENDS in Ecology and Evolution* **19**(12): 639-644.

- Whitehead, P.J.P., G.J. Nelson, & T. Wongratana (1988) FAO species catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. Part 2 - Engraulididae. FAO Fish. Synop. 7(125)Pt. 2:579 p.
- Wiadnya, D. G. R., & T. Soekirman (2007). Too many boats chasing, catching too few fish. The Jakarta Post. Jakarta, Indonesia: 3.
- Wiadnya, D. G. R., R. Djohani, M.V. Erdmann, A. Halim, M. Knight, P.J. Mous, J. Pet, & L. Pet-Soede (2005). "Kajian kebijakan pengelolaan perikanan tangkap di Indonesia: menuju pembentukan kawasan perlindungan laut." Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia **11**(3): 65-77.
- Wiadnya, D.G.R., D. Setyohadi, & T. D Lelono, (1998). Komposisi klas ukuran panjang spesies ikan dan variasi hasil tangkap (biomass) ikan-ikan demersal dengan alat tangkap jaring dogol (Danish Seine) di Perairan Selat Madura [length class and catches composition of demersal fisheries based on Danish Seine fisheries in Madura Strait]. *jurnal penelitian Ilmu-ilmu hayati*, **10**(1), 77 – 90
- Wiadnya, D.G.R., P.J. Mous, R. Djohani, M.V. Erdmann, A. Halim, M. Knight, L. Pet-Soede, & J.S. Pet, (2005a). Marine Capture Fisheries Policy Formulation and the Role of Marine Protected Areas as Tool for Fisheries Management in Indonesia. *Mar. Res. Indonesia* (2005) **30**:33-45
- Wiadnya, D.G.R., R. Djohani, M.V. Erdmann, A. Halim, M. Knight, P.J. Mous, J.S. Pet, & L. Pet-Soede, (2005b). Kajian kebijakan pengelolaan perikanan tangkap di Indonesia: menuju pembentukan kawasan perlindungan laut. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia* **11**(3):65-77
- Wilson, J., A. Darmawan, J. Subijanto, A. Green, & S. Sheppard (2011) Scientific design of a resilient network of marine protected areas. Lesser Sunda Ecoregion, Coral Triangle. Asia Pacific Marine Program. Report 2/11. 96 pp
- Yamamoto, T. (1980). Fishery census of Indonesia, survey methods, mode of analysis and major findings. Jakarta, Indonesia, FAO, FI:DP/INS/72/064: 79.