

# KERAGAMAN GENETIK IKAN BERONANG (*Siganus*) DAN IKAN COBIA (*Ranchycentron canadum*) DARI INDONESIA DAN TAIWAN

## GENETIC DIVERSITY OF RABBITFISH (*Siganus*) AND COBIA (*Ranchycentron canadum*) FROM INDONESIA AND TAIWAN

Yudha Trinoegraha Adiputra<sup>1#</sup>, Jin Chywan Gwo<sup>2</sup> And Te Hua Hsu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Lampung

<sup>2</sup>Department of Aquaculture School of Life Science National Taiwan Ocean University

<sup>#</sup>E-mail:yudha\_adiputra@yahoo.com

Dikirim 05 Februari 2018 Direvisi 20 Maret 2018 Disetujui 23 Maret 2018

**Abstrak :** Beronang merupakan komoditas penangkapan dan cobia merupakan komoditas budidaya di Indonesia yang diduga berasal dari Taiwan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan keragaman genetik kedua jenis ikan sebagai rujukan untuk pengembangan konservasi atau budidayanya. Penelitian dilakukan pada Agustus-Nopember 2010. Metode sidik jari DNA dengan AFLP (*amplified fragment length polymorphism*) dengan dua primer digunakan untuk mempelajari keragaman genetiknya. Multivariat analisis digunakan untuk menghitung statistik keragaman populasi dari karakter fragment DNA dari AFLP. Hasil penelitian menunjukkan terdapat dua spesies beronang yang berbeda dari hasil tangkapan di sekitar Teluk Hurun Lampung yaitu *Siganus fuscescens* dan *S.gutattus*. Hasil penelitian lebih mendalam menunjukkan bahwa beronang yang berasal dari Taiwan sangat berbeda dengan Indonesia yang ditunjukkan dengan jarak genetik yang jauh. Populasi cobia Taiwan terpisah menjadi dua grup dan sebagian besar cobia dari Indonesia bergabung didalam satu grup populasi Taiwan dan sebagian kecil membentuk stok khusus yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa populasi cobia Indonesia merupakan sebagian kecil dari populasi cobia Taiwan.

**Kata kunci:** AFLP, analisis komponen utama, beronang, cobia, identifikasi spesies-stok

**Abstract :** Rabbitfish was fisheries commodities and cobia was cultured in Taiwan and Indonesia. Study aimed to compared genetic diversity of both species as a references for conservation and culture species. Study was conducted on August until November 2010. Finger printing DNA method were AFLP (*amplified fragment length polymorphism*) within two primers use to assesed their diverence. Multivariate analysis was used to amount statistical similarities within DNA fragments of AFLPs. Results showed there is two different species of rabbitfish within Hurun Bay of Lampung were *Siganus fuscescens* dan *S.gutattus*. Indepth analysis also shown rabbitfish from Taiwan was different with Indonesia showed by genetic distance. These results showed there is no relation within ancestor of rabbitfish from this two locations. Contrast with cobia, Taiwan stocks seperated in two groups and one of Indonesia group joined with Taiwan group and the other independently. These results showed cobia from Indoneisa only limited population of cobia from Taiwan.

**Keywords:** AFLP, cobia, multivariate analysis, rabbitfish, species-stocks identification

### PENDAHULUAN

Beronang merupakan komoditas air laut yang menempati habitat pesisir diseluruh dunia (Gwo *et al.*, 2009). Variasi spesies beronang sangat tinggi dalam satu perairan yang terbuka seperti kawasan pesisir pantai maupun perairan tertutup seperti teluk (Ravago-Gotanco *et al.*, 2010a; Ravago-Gotanco *et al.*, 2010b), sehingga terdapat perbedaan genotip yang dapat dibedakan diantara spesiesnya (Ravago-Gotanco *et al.*, 2010c). Beronang merupakan ikan dengan pertumbuhan

cepat dan memijah sebanyak 2 kali setahun (Harahap *et al.*, 2001; Harahap *et al.*, 2002), sehingga populasinya diperkirakan besar dengan keragaman variasi spesies yang tinggi.

Cobia merupakan komoditas marikultur yang banyak dikembangkan dinegara-negara Asia seperti Taiwan (Chen *et al.*, 2001; Liu *et al.*, 2003; Shih *et al.*, 2010) , Cina (Liu *et al.*, 2010), Vietnam (Nhu *et al.*, 2011). Amerika Serikat (Colburn *et al.*, 2008; Faulk & Holt, 2008) dan Brazil (Sampaio *et al.*, 2011) juga

mengembangkan budidaya cobia dengan teknologi yang terus berkembang. Meskipun teknologi budidayanya telah mapan, Australia masih mengandalkan penangkapan dan aktivitas rekreasi (pancing) cobia (Fry & Griffiths, 2010). Keunggulan cobia sebagai komoditas budidaya karena teknologi pembenihan dan pembesaran yang telah lengkap ditemukan (Nguyen *et al.*, 2012) selain itu didukung dengan kemampuan adaptasinya yang tinggi pada variasi pakan (Liu *et al.*, 2010; Tang *et al.*, 2010; Xiao *et al.*, 2010; Saadiyah *et al.*, 2011) dan perubahan lingkungan (Barbieri & Doi, 2012). Translokasi (perpindahan populasi/stok) komoditas akuakultur telah banyak dilakukan antar negara untuk meningkatkan produksi dan memperluas jangkauan pemasaran produk. Komersialisasi ini, juga dapat melupakan karakter genetik awal (asal) komoditas yang dikembangkan sehingga jika terjadi konflik dengan lingkungan atau munculnya karakter genetik merugikan (pertumbuhan lambat atau penyakit) dapat menghambat perkembangan marikulturnya dimasa depan.

Genetik beronang (*Siganus*) dan cobia (*Ranchycentron canadum*) dari Indonesia dan Taiwan dibandingkan keragamannya. Beronang merupakan komoditas penangkapan dan cobia merupakan komoditas budidaya di Indonesia yang diduga berasal dari Taiwan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan keragaman genetik kedua jenis ikan sebagai rujukan untuk pengembangan konservasi atau budidayanya. Keragaman genotip berupa alel gen dari kedua spesies ikan laut dibandingkan keragamannya. Perbandingan keragaman genotip beronang dan cobia dari kedua negara belum pernah dilakukan meskipun penting untuk pengembangan perikananannya.

## METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada Agustus-Nopember 2010. Sampel beronang

Indonesia merupakan hasil tangkapan nelayan disekitar Teluk Hurun yang dipesan khusus untuk studi ini. Sampel difoto untuk identifikasi spesiesnya. Bagian sirip ventral dipotong kemudian disimpan dalam alkohol absolut sebelum isolasi DNA. Sampel beronang Taiwan diperoleh dari pasar ikan di Pulau Penghu Taiwan. Pedagang ikan memperoleh ikan dari nelayan lokal yang menangkapnya dipesisir dan tertutup kemungkinan berasal dari luar pulau karena jaraknya yang jauh dengan daratan terluar. Sampel beronang Taiwan dibawa ke National Taiwan Ocean University (NTOU) untuk di ambil gambarnya dan bagian sirip ventral disimpan dalam alkohol absolut sebelum isolasi DNA.

Sampel cobia Indonesia hasil budidaya di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut Lampung. Asal usul indukan cobia Indonesia diduga diimpor dari Taiwan pada tahun 2004-2006. Bagian sirip ventral cobia disimpan dalam alkohol absolut sebelum isolasi DNA. Sampel cobia Taiwan berasal dari laboratorium pembesaran ikan di NTOU. Bagian sirip ventral sampel cobia Taiwan disimpan dalam alkohol absolut sebelum isolasi DNA. Gambar dan profil lengkap species beronang dan cobia dapat dilihat dalam [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org).

Identifikasi spesies beronang dari Indonesia dilakukan dengan mengikuti Woodland (1990), Froese and Pauly (2011) dan Hsu *et al.* (2011). Jumlah sampel untuk identifikasi spesies ini 12 sampel. Analisis sidik jari DNA sampel beronang dan cobia dari Taiwan dan Indonesia berjumlah 40 sampel dengan distribusi sebagai berikut: beronang dari Indonesia dan Taiwan masing-masing 5 dan 27 sampel serta sampel cobia dari Indonesia dan Taiwan masing-masing berjumlah 4 sampel. Analisis sidik jari DNA dengan AFLP (*amplified fragment length polymorphism*) dilakukan di Genetic and

Breeding Laboratory, Department of Aquaculture NTOU Taiwan. Prosedur pengerjaannya dan analisa mengikuti Adiputra *et al.*(2009) dengan 2 primer yaitu ATG-CGC dan AGT-CAT. Kedua primer merupakan fragmen alel gen kodominan yang diperoleh dengan pengandaan dengan PCR (*polymerase chain reaction*). AMOVA (*analysis of molecular variance*) dari alel-alel gen kedua primer dihitung dengan analisis multivariat digunakan untuk menghitung statistik keragaman antar dan dalam stok atau populasi dari karakter fragment DNA dari AFLP dengan analisis komponen utama (Soedibjo, 2008). Pohon filogeni dengan metode Neighbor-Joining digunakan untuk menghitung perkiraan jarak genetik keragamannya (Adiputra *et al.*,2009).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan genetik beronang dan cobia dari Indonesia dan Taiwan dibandingkan keragaman genetiknya sebagai rujukan untuk pengembangan konservasi atau budidaya dari kedua spesies tersebut. Pengetahuan ini penting untuk pengambil kebijakan perikanan dan kelautan yang mengelola sumber daya ikan yang multispesies dimana dapat menghubungkan koneksitas antar populasi, mencari asal nenek moyang, prediksi penyebaran populasi secara alami dan aplikasinya pada rekonstruksi genetik spesies untuk pemuliaan (Renshaw *et al.*,2006; Ravago-Gotanco *et al.*,2010a; Ravago-Gotanco *et al.*,2010b; Ravago-Gotanco *et al.*,2010c).

**Tabel 1.** Statistik AMOVA (*analysis of molecular variance*) identifikasi spesies ikan beronang (*Siganus*), keragaman genetik beronang dan cobia (*Ranchycentron canadum*) antara Indonesia-Taiwan.

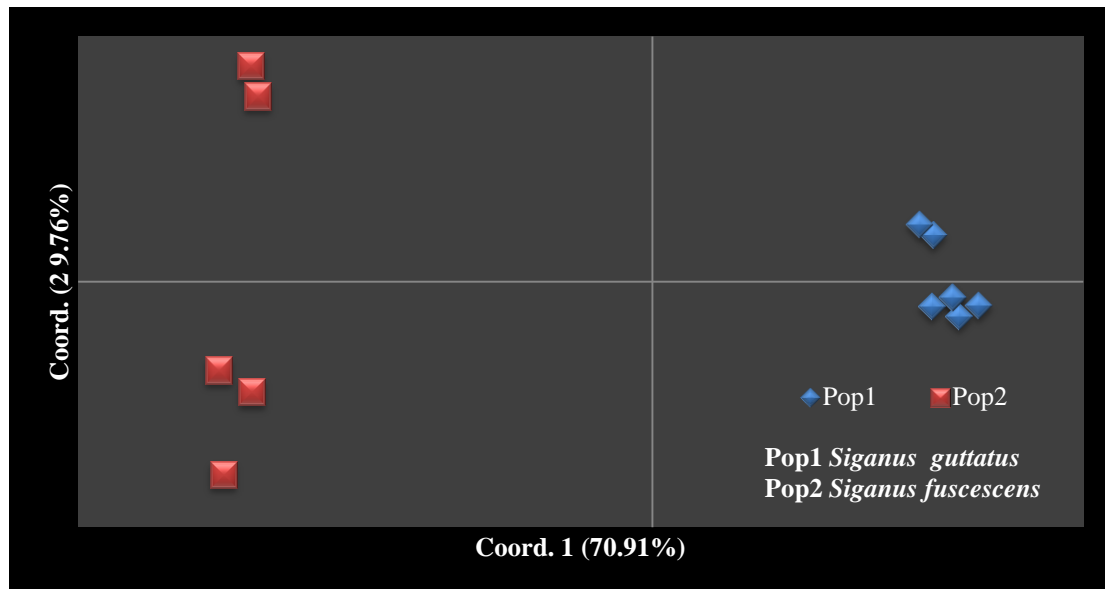
Sumber	df	Sum of square (SS)	Mean of square (MS)	Estimate Variance	Persentase (%)
<b>Identifikasi spesies beronang</b>					
Antar populasi	1	58,419	58,419	9,519	77
Dalam populasi	10	28,914	2,891	2,891	23
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>87,333</b>		<b>12,410</b>	<b>100</b>
<b>Keragaman genetik beronang Indonesia-Taiwan</b>					
Antar populasi	1	24.349	24,349	2,313	33
Dalam populasi	31	146.379	4,722	4,722	67
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>170.727</b>		<b>7,035</b>	<b>100</b>
<b>Keragaman genetik cobia Indonesia-Taiwan</b>					
Antar populasi	1	1,750	1,750	0,042	3
Dalam populasi	6	9,500	1,583	1,583	97
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>11,250</b>		<b>1,625</b>	<b>100</b>

Hasil identifikasi spesies beronang menunjukkan terdapat dua spesies beronang yang berbeda dari hasil

tangkapan di sekitar Teluk Hurun Lampung yaitu *Siganus fuscescens* dan *S.gutattus*. Tacon *et al.* (1990) menemukan

salah satu spesies beronang di Teluk Lampung adalah *S.canaliculatus*. Tetapi sejak Hsu *et al.* (2011) menemukan bahwa *S.canaliculatus* memiliki kemiripan yang tinggi dengan *S.fuscescens* maka studi ini menjadi bukti bahwa salah satu species beronang di Teluk Hurun adalah *S.fuscescens*. Perbedaan variasi keragaman

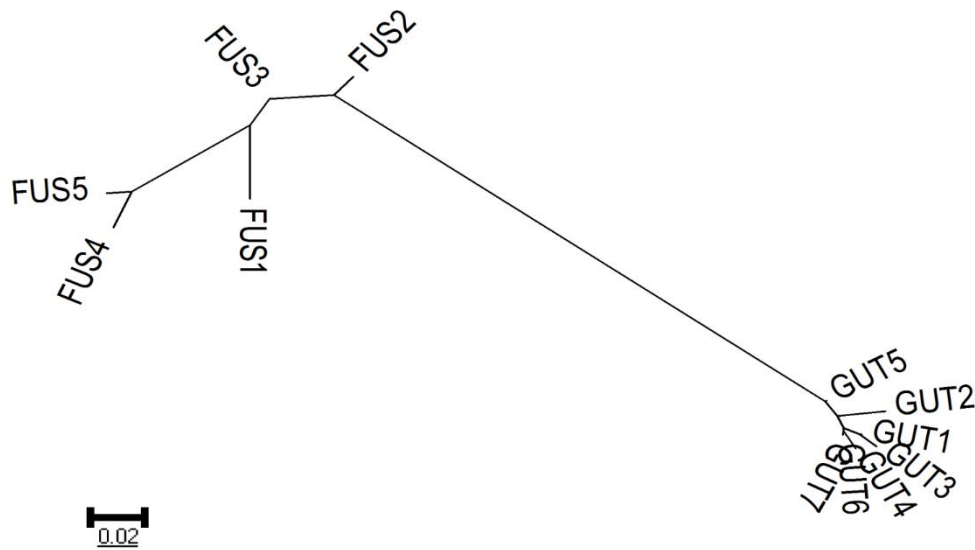
antar populasi kedua spesies beronang tersebut sebesar 77% dibandingkan didalam populasi kedua spesiesnya sebesar 23% (Tabel 1). Analisis komponen utama 2 spesies beronang juga menegaskan perbedaan komponen utama *S.guttatus* dengan 70,91% dan *S.fuscescens* dengan 29,76% (Gambar 1).



**Gambar 1.** Analisis komponen utama (*principal component analysis*) antara 2 spesies beronang dari Teluk Hurun-Lampung Indonesia yaitu *Siganus guttatus* dengan 70,91% dan *Siganus fuscescens* dengan 29,76%.

Hubungan kekerabatan antara *S.fuscescens* dan *S.guttatus* dari Teluk Hurun Lampung Indonesia dengan metode Neighbor-Joining Tree (Gambar 2) menunjukkan perbedaan nenek moyang karena berbeda spesies. Hal tersebut tidak mengejutkan karena *S.fuscescens* diketahui juga tersebar dari perairan Teluk Arab (El Sayed, 1995; Grandcourt *et al.*, 2007) sampai perairan Australia (Pillans *et al.*, 2004; Capper *et al.*, 2006). *S.canaliculatus* atau *S.fuscescens* terlebih

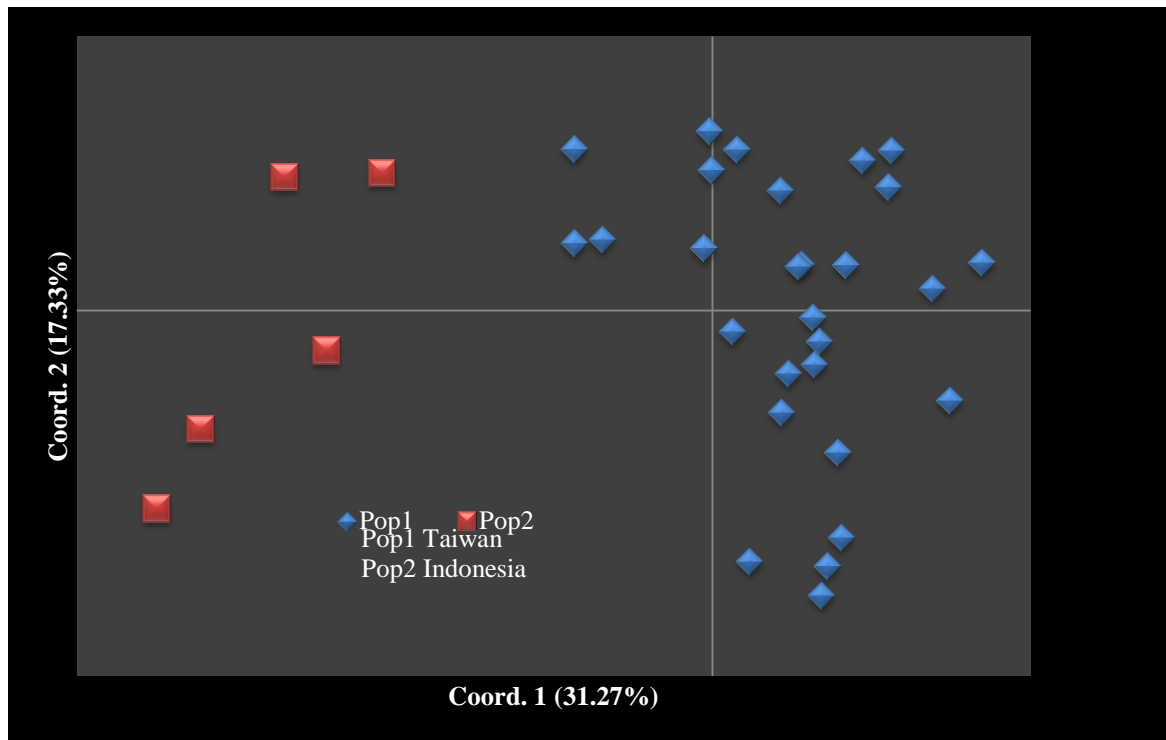
dahulu dipelajari dan sangat baik melakukan reproduksi alami dengan menyesuaikan periode penyinaran bulan (Wassef & Hady, 1997; Hoque *et al.*, 1999). *S.guttatus* banyak ditemukan di perairan Okinawa di Jepang dengan perubahan hormonal induk jantan dan betina serta pemijahan yang dapat berlangsung secara alami juga tergantung dengan periode bulan (Rahman *et al.*, 2000a; Rahman *et al.*, 2000b; Rahman *et al.*, 2002).



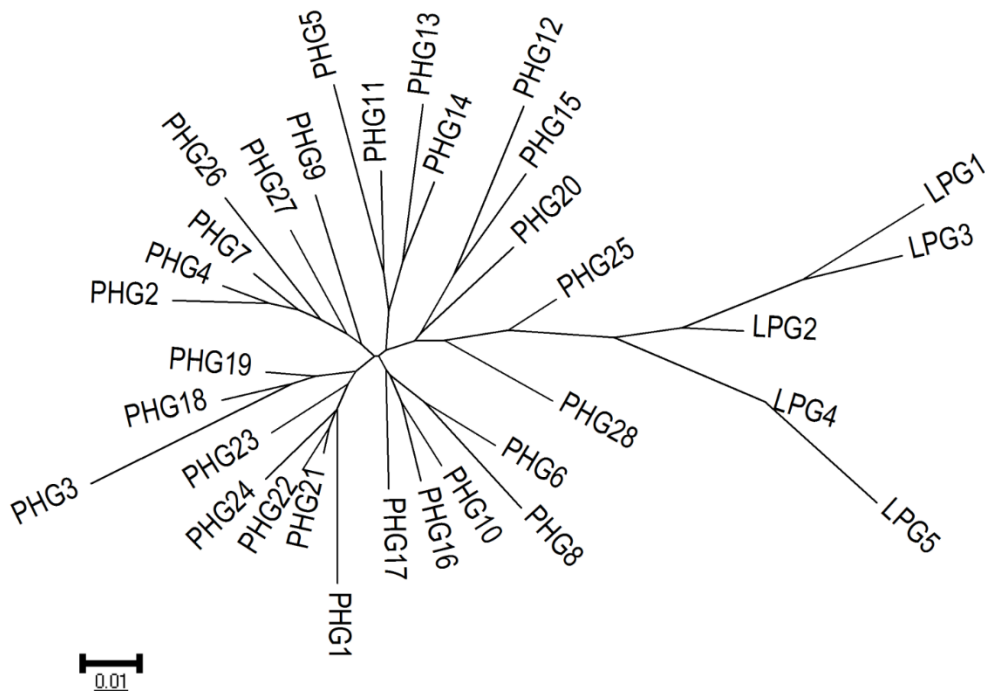
**Gambar 2.** Hubungan kekerabatan antara *Siganus fuscescens* (FUS) dan *Siganus guttatus* (GUT) dari Teluk Hurun Lampung Indonesia dengan metode Neighbor-Joining Tree.

Perbedaan variasi keragaman genotip antar populasi beronang *S.fuscescens* Indonesia dan Taiwan sebesar 33% dibandingkan dalam populasinya sebesar 67% (Tabel 1). Hasil penelitian lebih mendalam menunjukkan bahwa beronang yang berasal dari Taiwan sangat berbeda dengan Indonesia yang ditunjukkan dengan jarak genetik yang jauh. Hal ini menandakan nenek moyang beronang ini tidak sama dan tidak memiliki hubungan. Analisis komponen utama antara dua populasi *S.fuscescens* dari Pulau Penghu Taiwan sebesar 31,27% dibandingkan dengan

Teluk Hurun Indonesia sebesar 17,33% (Gambar 3). Hubungan kekerabatan yang jauh antar kedua populasi beronang tersebut juga dibuktikan dengan pohon filogeni (Gambar 4). Aplikasi dari temuan-temuan ini memberikan dorongan bahwa beronang sangat sesuai sebagai kandidat ikan budidaya (Ghanawi & Saoud, 2010) di Indonesia bukan lagi sebagai komoditas ikan tangkapan karena sangat sedikitnya spesies marikultur yang sampai saat ini dapat dibudidayakan terutama spesies ikan dengan tropik level rendah seperti beronang.



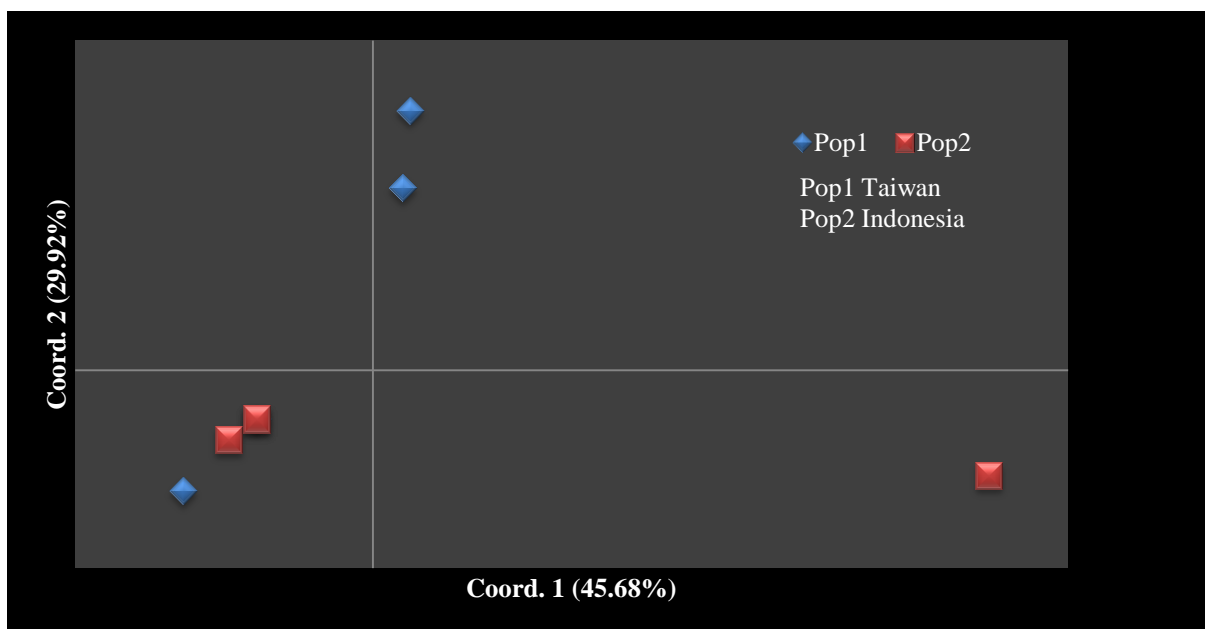
**Gambar 3.** Analisis komponen utama (*principal component analysis*) antara 2 populasi beronang (*Siganus fuscescens*) dari Pulau Penghu Taiwan dengan 31,27% dan Teluk Hurun Lampung Indonesia dengan 17,33%.



**Gambar 4.** Hubungan kekerabatan antara beronang (*Siganus fuscescens*) dari Pulau Penghu Taiwan (PHG) dan Teluk Hurun Lampung Indonesia (LPG) dengan metode Neighbor-Joining Tree.

Keragaman genotip cobia Indonesia dan Taiwan menunjukkan keragaman yang rendah antar populasi hanya sebesar 3%, tetapi keragaman tersebut sangat tinggi dalam populasinya sampai mendekati 97% (Tabel 1). Hasil ini menunjukkan bahwa cobia yang dibudidayakan di Lampung terkonfirmasi merupakan cobia dari Taiwan yang ditranslokasikan untuk tujuan komersil tetapi masih mempertahankan genotip aslinya meskipun telah dibudidayakan cukup lama. Taiwan telah berhasil memijahkan cobia sejak 1994 kemudian teknologi pemeliharaan larva, nurseri dan pembesarannya dikembangkan (Arnold *et al.*, 2002). Ketertarikan Negara

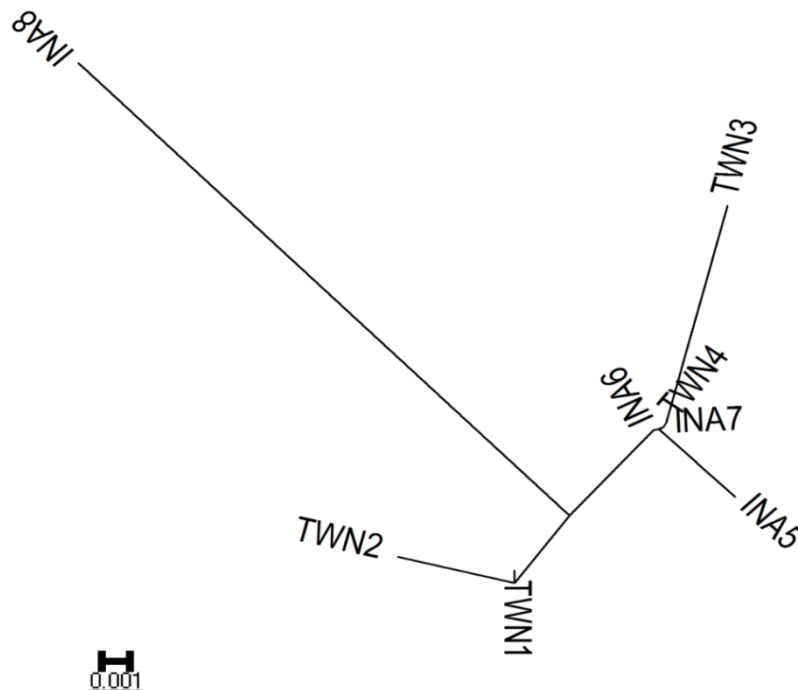
lain akan prospek cobia sebagai komoditas marikultur unggulan menyebabkan cobia diekspor dari Taiwan untuk dikembangkan di Indonesia dan negara-negara di Asia (Benetti *et al.*, 2008b). Identifikasi populasi atau stok cobia penting dilakukan seperti alasan Pruett *et al.* (2005) menemukan marker mikrosatelit yang bermanfaat untuk identifikasi cobia di Amerika Serikat yang dibeda untuk kepentingan marikultur dan rekreasi. Cobia untuk marikultur yang berasal dari tangkapan tidak diperbolehkan untuk rekreasi dan sebaliknya untuk menghindari konflik dan kerusakan lingkungan.



**Gambar 5.** Analisis komponen utama (*principal component analysis*) antara 2 populasi cobia (*Ranchycentron canadum*) dari Indonesia dengan 45,68% dan Taiwan dengan 29,92%.

Keaslian populasi/stok cobia dari Taiwan, juga diperkuat dengan perhitungan analisis komponen utama, 2 populasi cobia dari Indonesia sangat sedikit memberikan perbedaan dengan Taiwan yaitu sebesar 45,68% berbanding dengan 29,92% (Gambar 5). Selanjutnya, pohon filogeni menegaskan kesamaan tersebut dimana populasi Taiwan terpisah menjadi dua grup dan sebagian besar cobia dari Indonesia bergabung didalam satu grup populasi Taiwan dan sebagian kecil

membentuk stok khusus yang berbeda (Gambar 6). Hal ini menunjukkan bahwa populasi cobia Indonesia merupakan sebagian kecil dari populasi cobia Taiwan yang masih perlu dikembangkan sampai mendapatkan *hybrid vigour* yang optimal. *Hybrid vigour* yang optimal menerapkan strategi proaktif yang diperlukan untuk mengantisipasi hambatan produksi (Benetti *et al.*, 2008) seperti penyakit infeksi (Chen *et al.*, 2001; Liu *et al.*, 2003; Shih *et al.*, 2010).



**Gambar 6.** Hubungan kekerabatan antara cobia (*Rachycentron canadum*) dari Taiwan (TWN) dan Indonesia (INA) dengan metode Neighbor-Joining Tree.

Adaptasi fenotip ikan-ikan translokasi seperti cobia ini sangat baik sehingga tidak mengubah genotip asli bahkan dapat memberikan performa genetik yang optimal yang dibuktikan dengan adanya stok khusus cobia yang tidak termasuk dalam populasi Taiwan (Gambar 6). Liu *et al.* (2009) memberikan contoh interaksi adaptasi fenotip cobia dari Cina memberikan komposisi nutrisi daging berupa lemak dan asam lemak sehingga kualitas nutrisinya dapat dipertahankan. Adaptasi fenotip cobia di Brazil terhadap amonia pada salinitas yang berbeda juga menunjukkan karakter yang kuat terhadap perubahan lingkungan yang ekstrem sehingga cobia unggul sebagai komoditas marikultur (Barbieri & Doi, 2012).

Hasil penelitian ini juga memberikan rekomendasi bahwa populasi beronang dari Indonesia masih asli dan layak secara genetik untuk dikembangkan sebagai komoditas budidaya. Populasi cobia budidaya dari Indonesia merupakan

sebagian kecil populasi cobia budidaya Taiwan sehingga jika menghadapi masalah munculnya efek kawin sekerabat (*inbreeding*) seperti pertumbuhan lambat, komposisi ukuran tubuh yang tidak standar dan penyakit non infeksi karena komposisi nutrisi yang belum tepat dapat memanfaatkan karakter genetik lain dari populasi Taiwan tersebut.

## KESIMPULAN

Keragaman genetik beronang dari Teluk Hurun Lampung - Indonesia sangat tinggi yang ditunjukkan dengan adanya 2 spesies yang berbeda. Keragaman genetik yang tinggi juga ditunjukkan oleh spesies beronang yang sama dari Indonesia dan Pulau Penghu-Taiwan. Keragaman genetik cobia budidaya Indonesia dan Taiwan tetap tinggi meskipun berasal dari asal populasi yang sama.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Taiwan ICDF membiayai penelitian ini yang diterima oleh penulis pertama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiputra, Y.T., T.-H. Hsu and J.-C. Gwo. 2009. Use of AFLP to Reveal Genetic Variation and Distinguish Cultured Asian Sea Bass (*Lates calcarifer*) stocks. *International Cooperation* 4(2):101-112.
- Arnold, C.R., J.B. Kaiser and G.J. Holt. 2002. Spawning of Cobia *Rachycentron canadum* in Captivity. *Journal of the World Aquaculture Society* 33(2):205-208.
- Barbieri, E and S.A. Doi. 2012. Acute Toxicity of Ammonia on Juvenile Cobia (*Rachycentron canadum*, Linnaeus, 1766) According to the Salinity. *Aquacult. Int.* 20:373-382.
- Benetti, D.D., B. Sardenberg, A. Welch., R. Hoenig, M.R. Orhum and I. Zink. 2008a. Intensive Larval Husbandry and Fingerling Production of Cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture* 281:22-27.
- Benetti, D.D., M.R. Orhum, B. Sardenberg, B. O'hanlon, A. Welch, R. Hoenig., I. Zink. b. A. Rivera., B. Denlinger, D. Bacoat. K. Palmer and F. Cavalin. 2008b. Advances in Hatchery and Grow-Out Technology of Cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). *Aquaculture Research* 39:701-711.
- Capper, A., I.R. Tibbetts, J.M.O. Neil and G.R. Shaw. 2006. Feeding preference and deterrence in rabbitfish *Siganus fuscescens* for the Cyanobacterium *Lyngbya majuscula* in Moreton Bay, South-East Queensland, Australia. *Journal of Fish Biology* 68:1589-1609.
- Chen, S-C., R-J. Kou., C-T. Wu., P-C. Wang and F.Z. Su. 2001. Mass Mortality Associated with a *Sphaerospora*-like Myxosporidean Infestation in Juvenile Cobia, *Rachycentron canadum* (L), Marine Cage Cultured in Taiwan. *Journal of Fish Diseases* 24:189-195.
- Colburn, H.R., A.B. Walker and D.L. Berlinsky. 2008. Factors Affecting Survival of Cobia, *Rachycentron canadum*, during Simulated Transport. *Journal of the World Aquaculture Society* 39(5):678-683.
- El-Sayed, A.-F. M. 1995. Effects of Stocking Density and Feeding Level on Growth Rates and Feed Utilization of Rabbitfish *Siganus canaliculatus*. *Journal of The World Aquaculture Society* 26(2): 212-216.
- Faulk, C.K. and G.J. Holt. 2008. Biochemical Composition and Quality of Captive-Spawed Cobia *Rachycentron canadum* eggs. *Aquaculture* 279:70-76.
- Froese, R. and Pauly, D. 2011. Fishbase. Available at <http://www.fishbase.org/search.php/> (last accessed February 2011).
- Fry, G.C. and S.P. Griffiths. 2010. Population Dynamic and Stock Status of Cobia, *Rachycentron canadum*, caught in Australian Recreational and Commercial Coast Fisheries. *Fisheries Management and Ecology* 17:231-239.

- Ghanawi, J., I.P.Saoud and S.M. Shabaly.2010. Effect of Size Sorting on Growth Performance of Juvenile Spinefoot Rabbitfish, *Siganus rivulatus*. Journal of The World Aquaculture Society 41(4): 565-573.
- Grandcourt, E., T.Al Abdessalam, F.Francis and A.Al Shamsi.2007.Population Biology and Assessment of the White-Spotted Spinefoot, *Siganus canaliculatus* (Park,1797), in the Southern Arabian Gulf.J.Appl. Ichthyol. 23:53-59.
- Gwo, J.-C., W.-T. Yang., M.-C. Kuo, A.Takemura, and H.-Y.Cheng. 2004. Spermatozoal Ultrastructure of Two Marine Perciform Teleost Fishes, Goatfish, *Paraupeneus spilurus* (Mullidae) and teh rabbitfish, *Siganus fuscescens* (Siganidae) from Taiwan. Tissue & Cell 36:63-69.
- Harahap, A.P., A.Takemura, S.Nakamura, Md. S. Rahman, and K. Takano.2001.Histological Evidence of Lunar-Synchronized Ovarian Development and Spawning in the Spiny Rabbitfish *Siganus spinus* (Linnaeus) Around the Ryukyus. Fisheries Science 67:888-893.
- Harahap, A.P., A.Takemura, Md. S. Rahman, S.Nakamura and K. Takano.2002. Lunar Synchronization of Sperm Motility in the Spiny Rabbitfish *Siganus spinus* (Linnaeus). Fisheries Science 68:706-708.
- Hoque, M.M., A.Takemura., M.Matsuyama, S.Matsura and K.Takano.1999.Lunar Spawning in *Siganus canaliculatus*.Journal of Fish Biology 55:1213-1222.
- Hsu, T.-H., Y.T.Adiputra., C.P.Burridge and J.-C.Gwo.2011. Two Spinefoot Colour Morphs: Mottled Spinefoot *Siganus fuscescens* and White-Spotted Spinefoot *Siganus canaliculatus* are Synonyms. Journal of Fish Biology 79:1350-1355.
- Liu , K., X.J. Wang., Q.Ai., K. Mai and W.Zhang.2010.Dietary Selenium Requirement for Juvenile Cobia, *Rachycentron canadum* L.Aquaculture Research 41:e594-e601.
- Liu, P-C., J-Y. Lin, and K-K. Lee.2003.Virulence of *Photobacterium damsela* subsp.*piscicida* in Cultured Cobia *Rachycentron canadum*. J.basic Microbiol 43:499-507.
- Liu, S.C., D.T. Li., P.Z.Hong., C.H.Zhang., H.W. Ji, J.L.Gao and L.Zhang.2009.Cholesterol, Lipid Content, and Fatty Acid Composition of Different Tissues of farmed Cobia (*Rachycentron canadum*) from China.J.Am.Oil Chem.Soc.86:1155-1161.
- Nguyen, H.Q., H.Reinertsen, T.Rustad, T.M.Tran and E.Kjørsvik.2012.Evaluation of egg quality in broodstock cobia *Rachycentron canadum* L. Aquaculture Research 42:371-385.
- Nhu, V.C., H.Q.Nguyen, T.L. Le. M.T.Tran., P.Sorgeloos, K.Dierckens, H.Reinersten, E. Kjørsvik and N. Svennevig.2011.Cobia *Rachycentron canadum* Aquaculture in Vietnam:Recent

- Developments and Prospects. *Aquaculture* 315:20-25.
- Pillans, R.D., C.E.Franklin and I.R.Tibbetts.2004. Food Choice in *Siganus fuscescens*: Influence of Macrophyte Nutrient Content and Availability.*Journal of Fish Biology* 64:297-309.
- Pruett, C.L., E.Saillant., M.A.Renshaw, J.C.Patton., C.E.Rexroad III and J.R.Gold.2005.Microsatellite DNA Markers for Population Genetic Studies and Parantage Assignment in Cobia, *Rachycentron canadum*. *Molecular Ecology Notes* 5:84-86.
- Rahman, Md. S., A.Takemura and K.Takano.2000a. Annual Changes in Testicular Activity ad Plasma Steroid Hormones in the Golden Rabbitfish *Siganus guttatus* (Bloch).*Fisheries Science* 66:894-900.
- Rahman, Md.S.,A.Takemura, and K.Takano.2000b. Correlation between Plasma Steroid Hormones and Vitellogenin Profiles and lunar Periodicity in the Female Golden rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch).*Comparative Biochemistry and Physiology B* 127:113-122.
- Rahman, Md.S.,A.Takemura and K.Takano.2002.Lunar Synchronization of In Vitro Steroidogenesis in Ovaries of the Golden Rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch). *General and Comparative Endocrinology* 125:1-8.
- Ravago-Gotanco, R., C.Y.Lumibao and M. J.R.Pante.2010a. Isolation and Characterization of Thirteen Microsatellite Markers for the Rabbitfish, *Siganus fuscescens*.*Conservation Genet.Resour.* 2:225-227.
- Ravago-Gotanco, R.G., and M.A.Juinio-Menez.2010b. Phylogeography of the Mottled Spinefoot *Siganus fuscescens*: Pleistocene Divergence and Limited Genetic Connectivity Across the Philipines Archipelago.*Molecular Ecology* 19:4520-4534.
- Ravago-Gotanco, R.G., M.T.Manglicmot and M.J.R.Pante.2010c. Multiplex PCR and RFLP Approaches for Identification of Rabbitfish (*Siganus*) Species Using Mitochondrial Gene Regions.*Molecular Ecology Resources* 10:741-743.
- Renshaw, M.A., E.Saillant., S.C.Bradfield and J.R.Gold.2006.Microsatellite Multiplex Panels for Genetic Studies of Three Species of Marine Fishes:Red Drum (*Sciaenops ocellatus*), red snapper (*Lutjanus campechanus*), and Cobia (*Rachycentron canadum*).*Aquaculture* 253:731-735.
- Saadiah, I., A.M.Abol-Munafi and C.M. Che Utama.2011.Replacement of Fishmeal in Cobia (*Rachycentron canadum*) Diets Using Poultry by-Product Meal. *Aquacult. Int.* 19:637-648.
- Sampaio, L.A., C.B.Moriera, K.C. Miranda-Filho and A.N. Rombenso.2011.Culture of Cobia *Rachycentron canadum* (L) in Near-Shore Cages Off the Brazilian Coast.*Aquaculture Research* 42:832-834.

- Shih, H.-H., C.-C. Ku and C.-S. Wang. 2010. *Anisakis simplex* (Nematoda:Anisakidae) Third-Stage Larval Infections of Marine Cages Cultured Cobia, *Rachycentron canadum* L., in Taiwan. *Veterinary Parasitology* 17:277-285.
- Soedibjo, B.2008. Analisis Komponen Utama dalam Kajian Ekologi. *Oseana* 33(2):43-53.
- Tacon, A.G.J., and N. Rausin, M. Kadari and P.Cornelis. 1990. The Food and Feeding of Marine Finfish in Floating Net Cages at The National Seafarming Development Centre Lampung, Indonesia: Rabbitfish, *Siganus canaliculatus* (Park). *Aquaculture and Fisheries Management* 21:375-390.
- Tang, B.G., G.Chen and Z.H.Wu.2010. Application of a Microdiet in Cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766) Larvae Rearing. *Aquaculture Research* 41:315-230.
- Wassef, E.A., and H.A.A. Hady.1997. Breeding Biology of Rabbitfish *Siganus canaliculatus* (Siganidae) in Mid Arabian Gulf. *Fisheries Research* 33:159-166.
- Woodland, D.J.1990. Revision of the Fish Family Siganidae with Description of Two New Species ad Comments on Distribution and Biology. *Indo-Pacific Fishes* 19:1-136.
- Xiao, L.D., K.S.Mai., Q.H.Ai., W.Xu., X.J. Wang, W.B.Zhang and Z.G.Liufu.2010. Dietary Ascorbic Acid Requirement of Cobia, *Rachycentron canadum* Linnaeus. *Aquaculture Nutrition* 16: 582-589