



BAB 13

Unit Evolusioner dan Pengelolaan Ikan Endemik Capungan Banggai (*Pterapogon kauderni*) di Pulau Banggai, Sulawesi Tengah

Samliok Ndobe, Novalina Serdiati, Abdul Gani, Zakirah Raihani Ya'la, Achmad Rizal, Getreda Melsina Hehanussa, Andi Ramlan, A. Syahrudin, Kharisma Habibillah, Deddy Wahyudi, Soemarno, Endang Yuli Herawati, Daduk Setyohadi, Abigail Mary Moore

A. Pelestarian Ikan Capungan Banggai

Dalam kegiatan pengelolaan perikanan tangkap maupun konservasi sumber daya hayati laut, salah satu aspek penting adalah penentuan unit pengelolaan yang tepat (Cadrin, 2020; Crandall et al., 2000). Secara teoretis, pengelolaan suatu jenis atau kelompok jenis biota laut seharusnya berbasis *stock* dan mencakup populasi yang memiliki kekerabatan genetica serta keterkaitan demografis yang memadai,

S. Ndobe*, N. Serdiati, A. Gani, Z.R. Ya'la, A. Rizal, G.M. Hehanusa, A. Ramlan, A. Syahrudin, K. Habibillah, D. Wahyudi, Soemarno, E.Y. Herawati, D. Setyohadi, & A.M. Moore.

*Universitas Tadulako, Palu, e-mail: samndobe@yahoo.com

© 2023 Editor & Penulis

Ndobe, S., Serdiati, N., Gani, A., Ya'la, Z. R., Rizal, A., Hehanusa, G. M., Ramlan, A., Syahrudin, A., Habibillah, K., Wahyudi, D., Soemarno, Herawati, E. Y., Setyohadi, D., & Moore, A. M. (2023). Unit evolusioner dan pengelolaan ikan endemik capungan banggai (*Pterapogon kauderni*) di Pulau Banggai, Sulawesi Tengah. Dalam K. Amri, H. Latuconsina, & R. Triyanti (Ed.), *Pengelolaan sumber daya perikanan laut berkelanjutan* (463–504). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.908.c764 E-ISBN: 978-623-8372-50-8

tetapi situasi ideal ini tidak selalu terwujud. Faktor pengaruhnya, antara lain kesulitan dalam menentukan *stock*, misalnya akibat kurangnya data biologi dan ekologi (bioekologi) jenis yang dikelola, serta fakta bahwa batas unit pengelolaan kerap kali ditentukan atau dipengaruhi oleh tata ruang dan batas-batas administratif. Di Indonesia unit pengelolaan dipengaruhi oleh sedikitnya tiga jenis pembatasan administratif, yaitu wilayah pengelolaan perikanan (WPP), otonomi daerah (ruang laut masing-masing provinsi dan nasional), dan berbagai status wilayah laut, misalnya kawasan konservasi, jalur pelayaran, dan sebagainya.

Menentukan unit pengelolaan terbaik, dengan mempertimbangkan faktor bioekologi ikan maupun struktur tata ruang dan pemerintahan yang berlaku, memerlukan data yang memadai tentang populasi ikan yang hendak dikelola, termasuk secara khusus batas-batas alami antarstok (Cadrin, 2020). Apabila populasi suatu spesies terdiri atas sejumlah sub-populasi yang terpisah secara reproduktif (individu usia dewasa dari populasi berbeda tidak dapat bertemu/berinteraksi dan kawin) dan demografik (tidak terjadi perpindahan antar populasi selama daur hidup), masing-masing sub-populasi tersebut dapat berevolusi tersendiri sehingga dapat dipandang sebagai *evolutionarily significant units* (ESU) (Moritz, 1994) atau unit evolusioner. Dalam konteks perikanan, setiap ESU seharusnya dipandang sebagai unit pengelolaan, atau dalam ilmu perikanan disebut sebagai stok, karena kehilangan suatu ESU bukan hanya berarti terjadi ekstirpasi (kepunahan lokal), melainkan juga hilangnya keanekaragaman plasma nutfah (*genetic biodiversity*) yang unik (Ndobe, Yasir, et al., 2018).

Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*, Koumans 1933), nama lokal ikan capungan banggai, adalah ikan hias laut asli Indonesia dengan penyebaran endemik sangat terbatas di perairan dangkal Kepulauan Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah, dan sejumlah pulau kecil berdekatan dengan Pulau Taliabu (Vagelli, 2011) yang secara administratif masuk dalam wilayah Provinsi Maluku Utara. Dari aspek administratif, populasi endemik ikan capungan banggai berada di WPP 714, yaitu sebagian besar berada di Provinsi Sulawesi Tengah

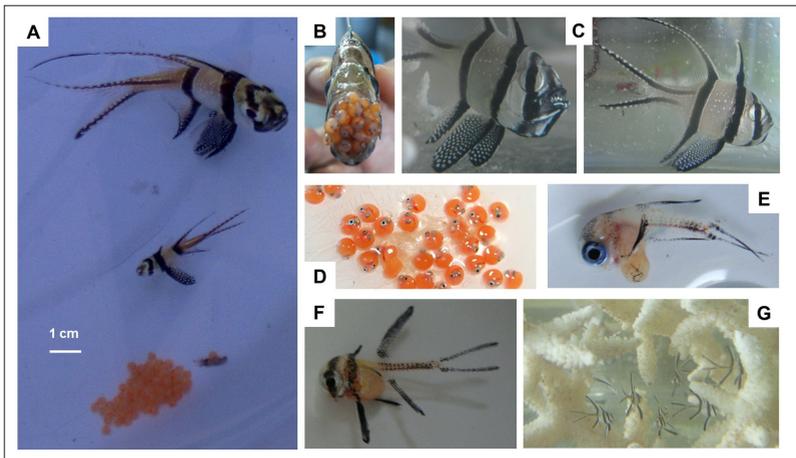
(Kabupaten Banggai Laut dan Kabupaten Banggai Kepulauan) dan sebagian kecil di Provinsi Maluku Utara (Pulau Taliabu, Kabupaten Pulau Taliabu, Provinsi Maluku Utara). Penyebaran endemik ikan capungan Banggai di Provinsi Sulawesi Tengah hampir semuanya berada dalam kawasan konservasi pesisir dan pulau-pulau kecil (KKPD) meliputi wilayah Banggai, Banggai Laut, Banggai Kepulauan, dan Perairan Sekitarnya di Provinsi Sulawesi Tengah (selanjutnya disebut KKP3KD Banggai) yang ditetapkan melalui Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 53/KEPMEN-KP/2019.

Kelestarian ikan capungan banggai adalah salah satu tujuan pengelolaan KKP3KD Banggai. Dalam konteks ini, pemetaan unit evolusioner atau stok ikan capungan banggai di KKP3KD menjadi hal penting untuk mendukung pengelolaan lestari ikan tersebut, khususnya dalam mengidentifikasi unit dan pola pengelolaan yang efektif. Identifikasi unit evolusioner (ESU) atau stok dan evaluasi terhadap statusnya dapat dilakukan berdasarkan data sifat morfometrik dan meristik, data sifat genetika, dan pengetahuan mengenai biologi, ekologi dan sejarah pemanfaatan ikan (Cadrin, 2020; Crandall et al., 2000; Moritz, 1994).

Perairan Pulau Banggai, yang merupakan pulau terbesar di Kabupaten Banggai Laut, adalah bagian dari KKP3KD Banggai dengan zonasi mencakup zona inti, pemanfaatan, dan lainnya. Selain itu, hasil survei menunjukkan bahwa awalnya kelimpahan ikan capungan banggai di perairan Pulau Banggai relatif tinggi dibanding kebanyakan pulau lainnya (Ndobe, Soemarno, et al., 2013; Vagelli, 2011). Dengan demikian, bab ini menyajikan hasil evaluasi unit evolusioner dan status ikan tersebut di wilayah endemik, dan secara khusus di Pulau Banggai, untuk menunjang perencanaan dan pelaksanaan pengelolaan yang bersifat holistik dan berkelanjutan. Evaluasi tersebut dilakukan dengan menggali dan memadukan data sifat biologi, morfometrik, dan genetik serta aspek ekologi dan pemanfaatan ikan capungan banggai. Sumber data mencakup yang tersedia baik untuk umum (misalnya artikel jurnal ilmiah) maupun yang tidak dipublikasi (misalnya skripsi dan disertasi).

B. Bioekologi Ikan Capungan Banggai

Ikan capungan banggai memiliki cara reproduksi khas yang disebut *paternal mouthbrooder with direct development* (Vagelli, 1999). Setelah membuahi telur yang dikeluarkan oleh induk betina (umumnya 50-an butir), induk jantan langsung mengambil dan memasukan massa telur ke dalam rongga mulutnya dan mengeraminya sampai menetas selama sekitar 20 hari, kemudian lanjut mengerami larva (sekitar 7–10 hari) hingga menyerupai ikan dewasa dengan panjang baku 6–8 mm dan mampu hidup mandiri (Ndobe, Soemarno, et al., 2013; Vagelli, 1999). Yuwana capungan banggai yang baru dilepas disebut *recruit* atau rekrut; umumnya kuning telur telah habis, tetapi rangka baru terbentuk sempurna pada ukuran panjang baku sekitar 18 mm

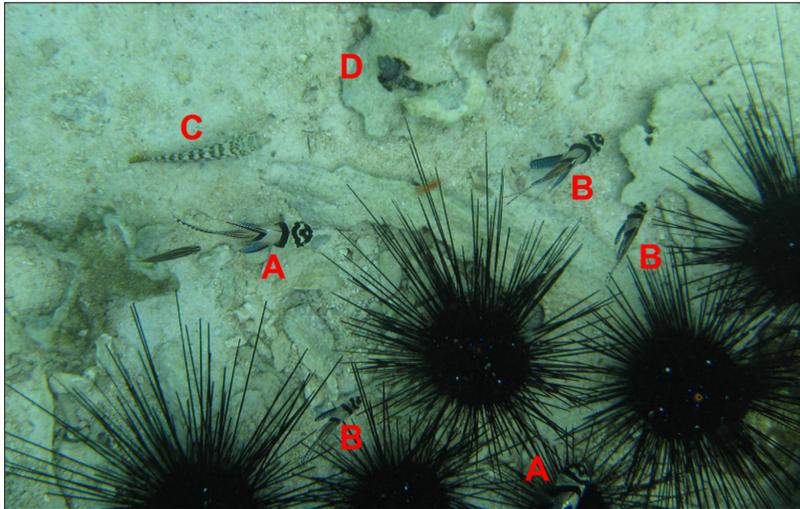


Keterangan: (A) ikan dewasa, juwana dan telur, (B) ikan jantan mengerami telur, (C) jantan mengerami larva di akuarium, (D) telur berdiameter \pm 3mm, (E) larva, (F) larva terlepas prematur, masih dengan kuning telur, (G) rekrut baru terlepas di akuarium, panjang baku 6–8 mm.

Sumber: (A) Samliok Ndobe (2011); (B) Abigail Mary Moore (2004); (C), (D), (E), (F) Abigail Mary Moore (2010); (G) Samliok Ndobe (2010)

Gambar 13.1 Beberapa Fase Daur Hidup Ikan Capungan Banggai (*Pterapogon kauderni*)

(Vagelli, 1999). Individu jantan dan betina tidak memiliki perbedaan morfologi eksternal, matang gonad pertama pada ukuran panjang baku sekitar 35–42 mm, dan dapat mencapai usia 3–5 tahun (Ndobe, Soemarno, et al., 2013). Beberapa fase daur hidup ikan capungan banggai ditampilkan pada Gambar 13.1.



Keterangan: (A) Induk jantan capungan banggai (*P. kauderni*) yang mengerami larva, (B) capungan Banggai dewasa, (C) ikan predator tidak teridentifikasi, (D) ikan dari Scorpaenidae yang telah menunggu 3 hari, diamati berhasil memangsa rekrut yang terlepas pada hari berikut (bulan purnama).

Sumber: Ndobe (2013)

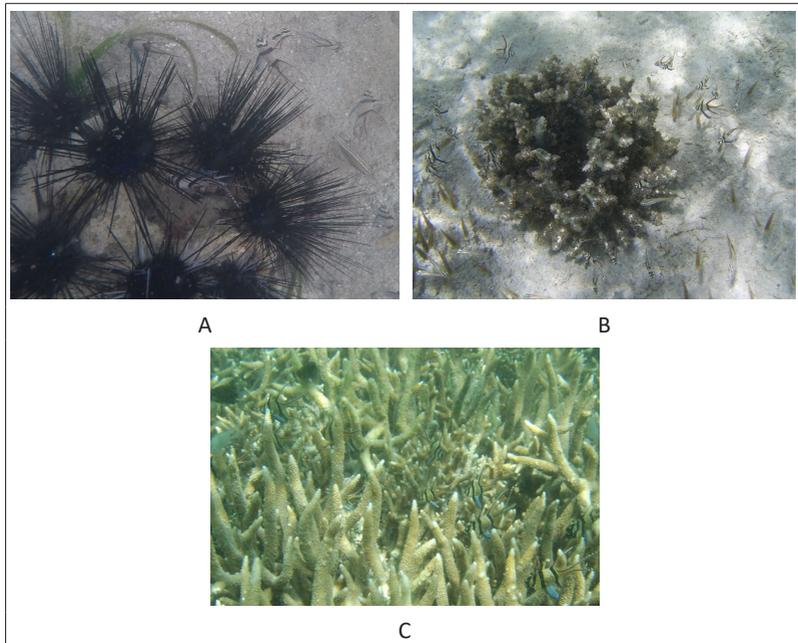
Gambar 13.2 Predator (B, C, D) di sekitar induk jantan ikan capungan banggai mengerami larva yang hampir siap untuk dilepaskan sebagai rekrut (A) di Perairan Bone Baru.

Setelah dilepas oleh induknya, rekrut ikan capungan banggai langsung mencari perlindungan dari pemangsaan pada hewan benthik yang disebut mikrohabitat dan selanjutnya menetap sebagai hewan benthik yang berasosiasi dengan mikrohabitat dan tidak berpindah jauh sepanjang sisa daur hidupnya (Kolm et al., 2005; Vagelli, 2011).

Jenis mikrohabitat ikan capungan Banggai yang pernah tercatat sangat banyak, tetapi tiga jenis utama adalah bulu babi, anemon laut, dan karang keras (Ndobe, Yasir, et al., 2018). Preferensi mikrohabitat cenderung berubah seiring dengan fase daur hidup meskipun semua ukuran ikan capungan banggai sering berasosiasi dengan bulu babi, terutama dari genus *Diadema*. Anemon laut serta karang *Heliofungia actiniiformis* yang menyerupai anemon laut penting sebagai mikrohabitat rekrut dan yuwana, sedangkan berbagai jenis karang keras merupakan tempat perlindungan ikan capungan banggai lebih besar (Moore et al., 2020; Ndobe et al., 2008; Ndobe, Widiastuti, & Moore, 2013; Vagelli, 2004).

Dinamika populasi dan kelestarian ikan capungan banggai sangat tergantung dari ketersediaan mikrohabitat yang tepat, terutama untuk rekrut dan yuwana, agar mereka dapat bertahan hidup dan tumbuh hingga dewasa (Ndobe, Soemarno, et al., 2013). Contoh asosiasi ikan capungan banggai dengan ketiga jenis mikrohabitat utama ditampilkan pada Gambar 13.3.

Daur hidup ikan capungan banggai (*P. kauderni*) yang tidak memiliki fase pelagis, sifat menetap (*sedentary*), dan ketergantungan pada mikrohabitat merupakan faktor pendukung isolasi reproduktif dan demografik. Jika terpisah oleh perairan dalam antarpulau atau bentengan pesisir yang tidak menyediakan habitat yang sesuai (misalnya tebing yang curam atas dan bawah laut), sangat kecil kemungkinan ikan capungan banggai dapat berpindah di antara dua lokasi. Populasi yang terpisah akan cenderung berevolusi dan membentuk stok dengan ciri khas fisik dan sifat genetik yang khas (Hawkins et al., 2016; Treml et al., 2015). Dengan demikian, dapat diprediksi bahwa berbagai populasi ikan capungan banggai berpotensi sebagai unit evolusioner berstatus ESU, sekalipun dengan jarak di antaranya yang relatif pendek (Moore et al., 2021; Ndobe & Moore, 2013).



Keterangan: (A) beragam ukuran ikan pada *Diadema* sp. di Popisi tahun 2017, (B) ikan berukuran kecil di anemon laut (*Actinodendron* sp.) di Tinakin Laut tahun 2006, dan (C) ikan dewasa pada karang bercabang di Monsongan tahun 2004

Sumber: (A) Abigail Mary Moore (2017); (B) Abigail Mary Moore (2006); (C) Abigail Mary Moore (2004)

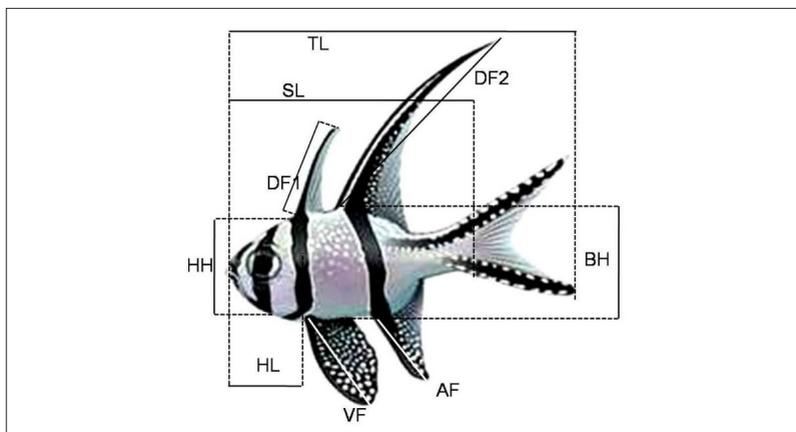
Gambar 13.3 Ikan Capungan Banggai pada Tiga Mikrohabitat Utama di Perairan Pulau Banggai

C. Unit Evolusioner Ikan Capungan Banggai di Pulau Banggai

Penelitian terhadap sifat genetika ikan capungan banggai (*P. kauderni*) di penyebaran endemiknya menunjukkan bahwa ikan ini memiliki struktur genetika populasi sangat rumit pada skala yang kecil (*fine-*

scale) dan berbagai sub-populasi terindikasi memenuhi kriteria sebagai unit evolusioner atau *evolutionarily significant units* (ESU). Khususnya di perairan Pulau Banggai, data sebagai dasar perkiraan jumlah dan batasan unit evolusioner ikan capungan banggai mencakup data genetika dan morfometrik yang berasal dari ekspedisi yang diketuai oleh Vagelli (Bernardi & Vagelli, 2004; Vagelli et al., 2009), Kolm (Hoffman et al., 2004, 2005; Kolm et al., 2005), dan Ndobe (Ndobe et al., 2012; Ndobe & Moore, 2013).

Kajian morfometrik terhadap perbedaan dalam bentuk tubuh antar populasi ikan capungan banggai pada enam lokasi di Pulau Banggai menggunakan pendekatan klasik dan *geometric morphometrics* (GM) (Ndobe & Moore, 2013). Sembilan karakter morfometrik klasik pada Gambar 13.4 dijadikan angka yang tidak dipengaruhi oleh ukuran individu dengan diolah menjadi rasio, kemudian dianalisis perbandingan karakteristik morfometrik menggunakan *analysis of variance* (Anova). Rasio yang digunakan terdiri atas tujuh karakter

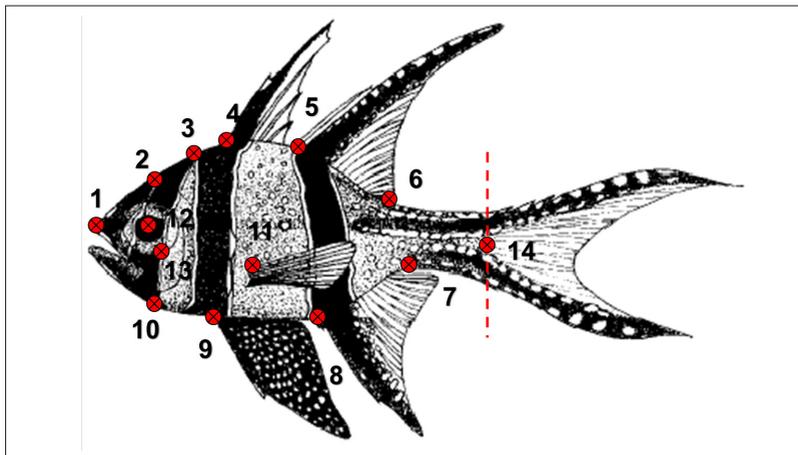


Keterangan: TL = panjang total; SL = panjang baku; HL = panjang kepala; HH = tinggi kepala; DF1 = sirip dorsal depan; DF2 = sirip dorsal belakang; AF = sirip anal; VF = sirip ventral; LJJ = rahang bawah.

Sumber: Ndobe & Moore (2013)

Gambar 13.4 Karakter Morfometrik Klasik Ikan Capungan Banggai (*P. kauderni*)

yang dibagi dengan panjang baku (SL), yaitu panjang kepala (HL/SL); tinggi kepala (HH/SL); sirip dorsal 1 (DF1/SL); sirip dorsal 2 (DF2/SL); sirip anal (AF/SL); sirip ventral (VF/SL); rahang bawah (LJL/SL); kemudian rasio panjang baku terhadap tinggi badan (SL/BH), dan tinggi kepala terhadap tinggi badan (HH/BH). Pendekatan *geometric morphometrics* mengikuti Klingenberg (2011) menggunakan 14 titik-titik *landmark* yang didefinisikan pada tubuh ikan capungan Banggai (Gambar 13.5).



Keterangan: titik *landmark* ditandai oleh ikon merah bulat bernomor.

Sumber: Ndobe & Moore (2013)

Gambar 13.5 Titik *Landmark* Pembentuk *Centroid* pada Ikan Capungan Banggai (*P. kauderni*)

Titik *landmark* membentuk sebuah poligon yang disebut *centroid* dan dianalisis dalam program MorphoJ (Klingenberg, 2011), yaitu nilai jarak *procrustes* antar-*centroid* mewakili besarnya perbedaan bentuk rata-rata antarpopulasi. Data morfometrik khusus pada enam lokasi populasi ikan capungan banggai di Pulau Banggai ditampilkan pada Tabel 13.1 dan 13.2.

Tabel 13.1 Perbedaan¹ Enam Populasi Ikan Capungan Banggai di Pulau Banggai² Berdasarkan Sembilan Karakter Morfometrik Klasik³ (*Pairwise* Anova, 30–36 ekor/populasi)

Lokasi	POP	PLN	TIN	MON	TOL	MAT
POP		2	5	7	8	8
PLN	1		5	4	6	5
TIN	4	3		1	6	3
MON	5	2	0		7	4
TOL	6	3	5	6		4
MAT	6	5	2	2	3	

Keterangan: ¹Jumlah karakter yang berbeda nyata: atas pada selang kepercayaan 95% ($\alpha = 0.05$); bawah pada selang kepercayaan 99% ($\alpha = 0.01$); ²POP = Popisi; PLN = Paisulimukon; TIN = Tinakin Laut; MON = Monsongan; TOL = Tolokibit; MAT = Matanga; ³Gambar 4

Sumber: Ndobe & Moore (2013)

Tabel 13.2 Nilai *p* dan Signifikansi¹ Perbedaan Bentuk Rata-rata (*Centroid*) Enam Sub-populasi Ikan Capungan Banggai di Pulau Banggai² Berdasarkan Jarak *Procrustes*³

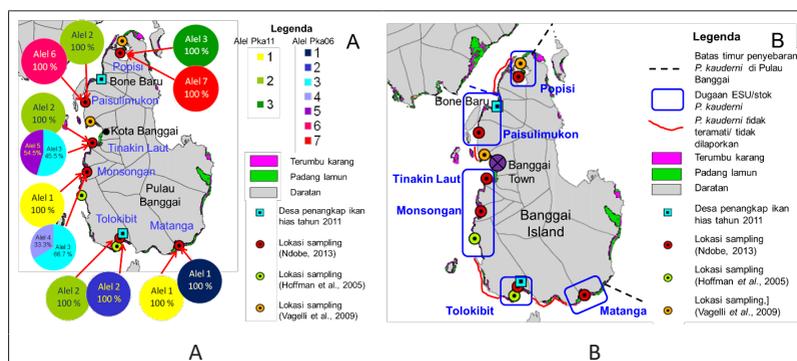
Lokasi	POP	PLN	TIN	MON	TOL	MAT
POP		**	**	**	**	**
PLN	<0.0001		*	ns ⁴	*	**
TIN	<0.0001	0.0043		ns	*	**
MON	<0.0001	0.0619 ⁴	0.2067		*	*
TOL	<0.0001	0.0007	0.0015	0.0324		*
MAT	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0023	0.0228	

Keterangan: ¹ns = tidak signifikan ($p > 0.05$); * signifikan ($p < 0.05$); ** sangat signifikan ($p < 0.01$); ²POP = Popisi; PLN = Paisulimukon; TIN = Tinakin Laut; MON = Monsongan; TOL = Tolokibit; MAT = Matanga; ³Program MorphoJ (Klingenberg, 2011), 14 titik *landmark* (Gambar 5), 30–36 ekor/sub-populasi ; ⁴Perbedaan dengan nilai $p \leq 0.07$ terkadang dapat dipandang signifikan secara biologi atau ekologi (Kusche et al., 2012)

Sumber: Ndobe & Moore (2013)

Analisis genetika menggunakan dua mikrosatelit (PK06 dan PK11) yang dikembangkan oleh Hoffman et al. (2004). Beberapa studi menunjukkan perbedaan nyata antara Monsongan dan Tolokibit (Hoffman et al., 2005) serta di antara Popisi dan suatu populasi

relatif dekat dengan Kota Banggai (Bernardi & Vagelli, 2004; Vagelli et al., 2009). Kemudian kajian pada enam lokasi di Pulau Banggai (Ndobe, 2013; Ndobe et al., 2012) menunjukkan perbedaan alel kedua mikrosatelit tersebut antarlokasi (Gambar 13.6A). Pada mikrosatelit PK11 terdapat 3 alel, dan alel ke-3 hanya terdeteksi di Popisi. Pada mikrosatelit PK06 setiap lokasi memiliki alel khas, tetapi alel ke-3 terdeteksi di Monsongan dan di Tinakin Laut. Perpaduan data morfometrik/meristik klasik, *geometric morphometrics*, dan data genetik (mikrosatelit) menunjukkan sedikitnya lima populasi dengan sifat khas dan diduga kuat sebagai unit evolusioner di sekitar Pulau Banggai (Gambar 13.6B).



Keterangan: (A) Sebaran alel mikrosatelit PK06 dan PK11 pada enam populasi ikan capungan Banggai, (B) Peta dugaan *evolutionarily significant units* (ESU) ikan capungan banggai di perairan Pulau Banggai berdasarkan data morfometrik dan genetik
Sumber: Ndobe (2013)

Gambar 13.6 Alel dan Dugaan Unit Evolusioner Ikan Capungan Banggai di Pulau Banggai

Desa Bone Baru merupakan pusat pengumpulan dan perdagangan ikan capungan banggai sehingga sejak puluhan tahun terjadi pelepasan ikan capungan banggai berasal dari sejumlah besar sub-populasi tersebar di Kepulauan Banggai (EC-PREP, 2005; Moore et al., 2021). Ikan yang dilepas berasal dari berbagai unit evolusioner

(ESU) dan tercampur baik secara demografik maupun reproduktif dengan populasi asli di Bone Baru. Dengan demikian, populasi ikan capungan banggai di perairan Bone Baru akan memiliki sifat genetika yang beragam dan tidak dapat memenuhi kriteria unit evolusioner Ndobe, Yasir, et al., 2018. Oleh karena itu, meskipun diduga bahwa semulanya Bone Baru dan Paisulimukon merupakan bagian dari unit evolusioner yang sama, Bone Baru dipandang perlu pengelolaan tersendiri dan bukan sebagai bagian dari suatu unit evolusioner. Konsekuensinya, antara lain, ikan dari Bone Baru dan turunannya (misalnya dari hasil budi daya) seharusnya tidak dilepaskan kembali di lokasi lain manapun dalam penyebaran endemik ikan capungan banggai untuk menghindari terjadinya perubahan sifat genetika asli pada populasi (ESU) di lokasi pelepasan.

Habitat ikan capungan banggai yang kontinu sepanjang pesisir antara Tinakin Laut dan Monsongan diduga sebagai faktor penyebab perbedaan relatif sedikit dan dapat dipandang sebagai satu unit evolusioner atau stok dalam pengelolaan. Pada bagian pesisir P. Banggai ini, banyak perubahan yang terjadi akibat pembangunan pelabuhan feri di Tinakin Laut, reklamasi untuk perluasan perkampungan suku Bajo di Monsongan, dan berbagai kegiatan pembangunan pesisir lainnya yang telah berlangsung atau sedang dalam tahap perencanaan. Dengan kompleksitas tersebut, unit pengelolaan populasi ikan capungan banggai yang membentang sepanjang pesisir tersebut akan memudahkan perencanaan dan pelaksanaan pengelolaan lestari.

Perbedaan terbesar secara morfometrik dan genetik searah dengan jarak geografis, yaitu antar sub-populasi ikan capungan banggai di Teluk Popisi/Lokotoy di pesisir utara P. Banggai dan sub-populasi Matanga di pesisir selatan pulau tersebut. Perbedaan morfometrik antara Popisi/Lokotoy dan Matanga di bagian kepala dan rasio panjang/tinggi badan (*aspect ratio*) diduga terkait dengan besarnya ruang untuk mengerami telur serta kemampuan untuk melawan arus (Ndobe & Moore, 2013). Teluk Popisi/Lokotoy relatif terlindung dari cuaca, termasuk gelombang ombak dan arus kencang. Individu ikan capungan banggai di lokasi ini cenderung memiliki kepala yang lebih

tinggi sehingga kiranya induk jantan dapat mengerami lebih banyak telur dan larva di rongga mulutnya. Sementara di perairan Matanga yang relatif terbuka pada cuaca dengan arus kencang, individu ikan capungan banggai cenderung memiliki bentuk kepala lebih runcing dan badan lebih panjang relatif terhadap tingginya. Bentuk ini diduga lebih efisien dalam berenang dan mempertahankan diri, meskipun kemungkinan mengurangi volume rongga mulut induk jantan dan jumlah telur yang dapat dierami. Perbedaan bentuk rata-rata tersebut diduga terkait dengan evolusi genetik pada tingkat ESU dan/atau adaptasi individu terhadap lingkungannya (misalnya melalui ekspresi gen). Namun, perlu kajian mendalam untuk membuktikan hal ini.

D. Status Ikan Capungan Banggai di Pulau Banggai

Ikan capungan banggai berstatus terancam punah (*endangered*) pada Daftar Merah IUCN (*International Union for Conservation of Nature*). Dua ancaman utamanya adalah pemanfaatan sebagai ikan hias dan degradasi habitat (Allen & Donaldson, 2007). Selanjutnya, penurunan kelimpahan mikrohabitat merupakan ancaman nyata terhadap kelestarian ikan tersebut (Ndobe, Widiastuti, & Moore, 2013; Ndobe et al., 2023). Perlindungan ikan capungan Banggai *P. kauderni* di Indonesia berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 61/Permen-KP/2018 tentang Pemanfaatan Jenis Ikan yang Dilindungi dan/atau Jenis Ikan yang Tercantum dalam Appendiks CITES dan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 49/Kepmen- KP/2018 tentang Penetapan Status Perlindungan Terbatas Ikan Capungan Banggai (*Pterapogon kauderni*) (Arbi et al., 2022).

Data hasil survei dan monitoring ikan capungan banggai dan mikrohabitatnya di P. Banggai mencakup lebih dari 25 tahun sejak “penemuan ulang” ikan capungan Banggai tahun 1994 (Yalindua et al., 2022). Data yang terkumpul sejak tahun 2004 menggunakan metode yang relatif sama (*belt transect*). Program Uni Eropa melibatkan Network of Aquaculture Centres in Asia (NACA), Direktorat Jenderal Perikanan Budi Daya, dan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM)

bernama Yasayan Palu Hijau (YPH), yang dalam hal ini, pendataan di Kepulauan Banggai dilakukan oleh YPH (EC-PREP, 2005). Berdasarkan hasil EC-PREP, pendataan lanjutan mendapat dukungan dari Program Mitra Bahari dan DIKTI (Ndobe et al., 2008; Ndobe, Moore, Nasmia, et al., 2013; Ndobe, Widiastuti, & Moore, 2013). Sebagian kegiatan monitoring pada periode 2008–2012 merupakan bagian dari implementasi Rencana Aksi Banggai Cardinalfish (RAN-BCF) yang tersusun setelah usulan pertama ikan capungan banggai ke Lampiran II CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna) tahun 2007 (Moore et al., 2011; Moore & Ndobe, 2013; Yahya et al., 2012).

Sejak tahun 2017 sebagian pendataan merupakan bagian dari Rencana Aksi Nasional Konservasi Ikan Capungan Banggai (RAN-KICB) periode 2017–2021 (Rusandi et al., 2016) yang tersusun setelah usulan kedua ikan capungan banggai ke Lampiran II CITES pada tahun 2016, dan mengikuti pedoman resmi monitoring ikan capungan banggai (Suwardi. et al., 2019). Metode baku di pedoman tersebut sama atau mirip dengan metodologi pada survei-monitoring sejak 2004. Monitoring terlaksana melalui kerja sama antara Kementerian Kelautan dan Perikanan, khususnya Badan Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut (BPSPL) Makassar, akademisi, LSM, dan *stakeholders* lain (Arbi et al., 2021; Ndobe et al., 2020, 2023; Wiadnyana et al., 2020). Sebagian lainnya merupakan kegiatan riset akademik atau dari instansi pemerintah lain, antara lain, dalam rangka penilaian dampak wabah pemutihan terumbu karang tahun 2016 (Moore et al., 2017b; Ndobe et al., 2017) dan penelitian terhadap berbagai aspek biologi, ekologi, dan genetika ikan capungan banggai atau mikrohabitatnya (Moore, Ndobe, Yasir, Ambo-Rappe, & Jompa, 2019; Moore, Ndobe, Yasir, & Jompa, 2019; Moore, Tassaka, et al., 2019; Ndobe et al., 2012, ; Ndobe, Moore, Salanggon, et al., 2013; Ndobe, Jompa, et al., 2018). Pemetaan ancaman terhadap ekosistem habitat ikan capungan banggai baik di Pulau Banggai maupun sejumlah pulau lainnya di Kepulauan Banggai tahun 2013 secara singkat ditampilkan pada Tabel 13.3.

Table 13.3 Ancaman terhadap Ekosistem Habitat Ikan Capungan Banggai

Ancaman terhadap Ekosistem Perairan Dangkal (Habitat BCF)	P. Banggai				Pulau lainnya								
	Bone Baru	Paisulimu Laut	Tinakin Monson-angan	P. Bangdang	Tolokibit	Matangan	Toro-potangan	Kombo-angan	Nggasuan	Mbuang Lampu Bone	Toado/P. Bone	Tolobundu	Togong Lintang
Tanda/Informasi Perikanan Destruktif													
Penambangan Karang	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pemboman	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pembiusan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pengambilan mata tujuh ²	X				X	X							
Pengambilan bambu laut ³		X				X	X	X	X				X
Lainnya	X				X					X	X	X	X
Tanda Tangkap Lebih													
Jumlah ikan indikator Reef Check rendah/nol													
Ikan karang konsumsi	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Moluska (kerang siput)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ekinodermata (bulu babi)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Anemone laut		X			X	X					X	X	X
Degradasi Hulu, Pembangunan Pesisir dan Wabah Pemangsa Karang													
Penimbungan/reklamasi	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Sedimentasi	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Ancaman terhadap Ekosistem Perairan Dangkal (Habitat BCF)	P. Banggai										Pulau lainnya						
	Bone Baru	Paisulimu	Timakin Laut	Monson	P. Banggai	P. Banggai	Tolokbit	Matangan	Toropot	Kombongan	Nggasung	Mbuang Lampu	Toado/P. Bone	Bone	Tolobundu	Togong Lintang	Liang
Pencemaran (sampah/limbah)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lipian laut (wabab) ¹					X	X											
Penggambilan biota yang dilindungi (PP No7/1999 atau aturan lain berlaku tahun 2013)																	
Penyu					X				X								X
Kima raksasa ⁵	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kepala kambing ⁶					X				X								X
Triton terompet ⁷									X								
Lola/trochus ⁸					X				X	X							
Ikan maming/Napoleon			X		X				X			X		X			X

Keterangan: ¹Pulau Bandang adalah pulau kecil di Desa Monsongan; ²Abalon, *Haliotis* sp.; ³*Isis hippuris*; ⁴*Acanthaster planci*; ⁵Tridacnidae; ⁶*Cassius cornutus*; ⁷*Charonia tritonis* ⁸*Rochia nilotica* (sebelumnya *Trochus niloticus*); *Cheilinus undulatus*
Sumber: Ndoobe, Moore, Salangon, et al. (2013)

Ringkasan hasil survei dan monitoring terhadap ekosistem habitat ditampilkan pada Tabel 13.4, sedangkan data kelimpahan ikan capungan banggai dan mikrohabitat utama ditampilkan pada Tabel 13.5. Ringkasan dari hasil survei dan monitoring di Pulau Banggai (Tabel 13.3–13.5) menunjukkan penurunan kondisi habitat dan kelimpahan ikan capungan banggai dan mikrohabitat pada hampir semua lokasi yang ada datanya.

Tabel 13.4 Karakteristik, Kategori Umum, dan Perubahan Kondisi Habitat Ikan Capungan Banggai (*Pterapogon kauderni*) pada Lima Lokasi di Pulau Banggai-Sulawesi Tengah

Lokasi	Karakteristik lokasi			Kategori umum		Perubahan kondisi habitat
	Dugaan ESU	Deskripsi	Ekosistem dominan ¹	2011/2012	2017/2018	
Popisi/Lokotoy	Ya	Teluk terlindung	RF/SG CR	Sedang	Sedang/Rusak	Menurun
Bone Baru	Tidak	Teluk	RF/SG	Sedang	Sedang	Menurun
Tinakin Laut	Ya ²	Pelabuhan	RF/SG	Kurang baik	Kurang baik	Stabil
Monsongan		Teluk terbuka	RF/CR (SG)	Sedang	Sedang	Menurun
Tolokobit	Ya	Teluk terlindung	SG/RF	Sedang	Kurang baik	Menurun

Keterangan: ¹SG = padang lamun; RF = rataan karang; CR = terumbu karang; ²Populasi ikan capungan banggai dari Tinakin Laut sampai Monsongan diduga sebagai satu ESU
Sumber: Ndobe, Moore, et al. (2019)

Tabel 13.5 Perubahan Kelimpahan Ikan Capungan Banggai (CB), Bulu Babi (BB), dan Anemone Laut (AL) pada Enam Sub-populasi di Pulau Banggai

Lokasi	Dugaan ESU	Tahun atau Periode Pendataan					Perubahan kelimpahan ¹		
		2004	2006–2008	2011–2012	2014–2017	2018–2022	CB	BB	AL
Popisi/Lokotoy	Ya			X	X	X	T	T	T
Bone Baru	Tidak	X	X	X	X	X	V	V	T
Paisulimukon dan sekitarnya	Ya			X			-	-	

Lokasi	Dugaan ESU	Tahun atau Periode Pendataan					Perubahan kelimpahan ¹		
		2004	2006– 2008	2011– 2012	2014– 2017	2018– 2022	CB	BB	AL
Tinakin Laut-Monsongan	Ya	X	X	X	X	X	T	T	T
Tolokobit	Ya	X	X	X	X	X	T	TT	T
Matanga	Ya	X		X	X	X	T	T	TT

Keterangan: ¹T = turun; TT = turun tajam; V = bervariasi tanpa pola yang jelas

Sumber: EC-PREP (2005); Moore et al. (2011, 2021); Ndobe, Widiastuti, & Moore, 2013; Ndobe, Moore, Salanggon, et al., 2013; Ndobe, Yasir, et al., 2018; Ndobe, Jompa, et al., 2018; Yahya et al. (2012)

Hasil monitoring menunjukkan perbedaan antarlokasi. Namun, pada empat dari lima desa dengan data yang memadai, kelimpahan ikan capungan banggai menurun searah dengan perubahan kelimpahan mikrohabitat. Kondisi umum habitat menurun pula; kondisi relatif stabil di Tinakin Laut sejak 2011 hanya karena kerusakan signifikan dibanding tahun 2004 yang terjadi pada periode 2007–2011. Faktor kerusakan habitat di lokasi ini, antara lain, pengambilan bulu babi dan anemon secara besar-besaran saat kemarau berkepanjangan tahun 2007, wabah lipan laut/bintang laut berduri (*Acanthaster planci*), pembangunan pelabuhan feri, dan perluasan perkampungan Bajo. Di Paisulimukon dan sekitarnya, metode pendataan 2004 dan 2011 berbeda. Selain itu, tidak ada data terbaru sehingga tidak dapat menilai perubahan populasi *P. kauderni* ataupun mikrohabitatnya di lokasi yang diduga sebagai ESU tersebut.

Di Bone Baru tidak ada arah atau pola perubahan populasi ikan capungan banggai yang jelas, antara lain, akibat pelepasan dan penangkapan terkait dengan perdagangan ikan capungan banggai serta dinamika lain dalam pengelolaan sumber daya pesisir dan laut. Berbagai upaya perlindungan dan perbaikan habitat berjalan pada Daerah Perlindungan Laut (DPL) Bone Baru pada periode 2006–2012. Kerusakan terkait dengan pengambilan mata tujuh sekitar tahun 2013–2015 seiring dengan penurunan populasi mata tujuh (abalone, *Haliotis* sp.) di lokasi lainnya yang sudah rusak akibat penggunaan

alat seperti linggis untuk membalikkan dan memecahkan karang guna mencari mata tujuh (abalone), kemudian pemutihan karang (meskipun relatif ringan) terjadi pada tahun 2016 (Moore et al., 2017b). Restorasi habitat berupa karang buatan kembali dilaksanakan berapa kali sejak 2017 di lokasi tersebut, tetapi tahun 2022 kondisi habitat belum kembali sebaik kondisi tahun 2011–2012. Kondisi dinilai menurun dari 2011 ke 2018–2022, tetapi diharapkan makin membaik apabila masyarakat meneruskan upaya pemulihan habitat.

Penurunan mikrohabitat anemon laut dan bulu babi terutama akibat konsumsi oleh manusia. Semua jenis mikrohabitat anemon laut yang dihuni pula oleh ikan badut (genus *Amphiprion* dan *Premnas*, famili Pomacentridae) menunjukkan penurunan kelimpahan. Namun, jumlah genus *Actinodendron* relatif stabil; anemon laut ini memiliki sengatan sangat kuat yang menimbulkan luka serupa dengan pembakaran pada kulit manusia sehingga disebut *fire anemone* (anemon api) dan sangat sulit dipelihara (Mizuno, 2016; Moore et al., 2020). Berbeda dengan jenis anemon laut habitat ikan capungan banggai lainnya, *Actinodendron* tidak dikonsumsi dan tidak bernilai sebagai hewan hias. Peningkatan konsumsi mikrohabitat bulu babi paling tajam berada di Tolokibit. Di lokasi tersebut, pemanfaatan untuk dijual sudah berskala komersial tahun 2016 (Moore et al., 2017).

E. Pemulihan Ikan Capungan Banggai Berdasarkan Unit Evolusioner

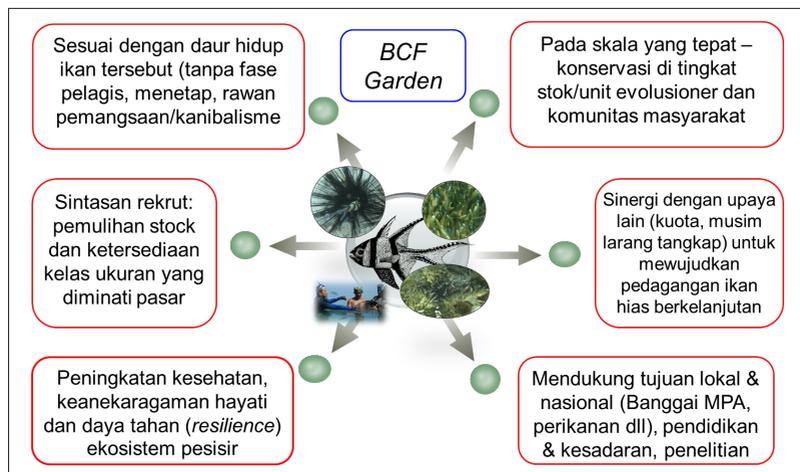
Data seri waktu menunjukkan bahwa di beberapa lokasi kelimpahan ikan capungan banggai (*Pterapogon kauderni*) dan mikrohabitat utamanya serta kondisi habitat telah menurun dibandingkan tahun 2004. Selanjutnya, kajian oleh Vagelli (2011) menunjukkan bahwa kelimpahan ikan capungan banggai tahun 2004 sudah cukup jauh di bawah kelimpahan sebelum perdagangan sebagai ikan hias dimulai tahun 1990-an. Sama hal dengan ikan lain dengan perbedaan morfometrik dan genetik antar sub-populasi (Kocovsky et al., 2015), ikan capungan banggai membutuhkan pengelolaan berdasarkan

unit evolusioner (ESU), termasuk dalam upaya-upaya pemulihan di seluruh penyebaran endemik, termasuk secara khusus di perairan KKP3KD Banggai.

Pada setiap unit evolusioner, pengelolaan lestari memerlukan pendekatan holistik terhadap pelestarian dan pemulihan populasi ikan capungan banggai, kondisi habitat, dan populasi mikrohabitat. Mengingat bahwa rekrut dan yuwana ikan capungan banggai sangat rawan terhadap pemangsaan, termasuk kanibalisme, keberhasilan reproduksi ikan capungan banggai sangat tergantung ketersediaan. Sementara itu, ikan capungan banggai yang lebih besar masih membutuhkan perlindungan dan kerap kali menggunakan karang dengan bentuk yang kompleks, terutama *Acropora* bercabang, termasuk pula berbagai genus dan bentuk lain (Moore, Ndobe, Yasir, Ambo-Rappe, & Jompa, 2019). Karena ikan capungan banggai umumnya ditemukan di perairan dangkal (sampai 5–6 m, tetapi paling umum di kedalaman kurang dari 3 m), biasanya mencakup padang lamun, rataan karang hingga tubir, dan bagian atas lereng terumbu karang (Ndobe, Soemarno, et al., 2013; Vagelli, 2011), habitat pesisir dangkal ini yang perlu menjadi fokus.

BCF (singkatan dari *Banggai cardinalfish*) adalah salah satu nama dagang ikan capungan banggai. Salah satu konsep bersifat holistik dan dapat diterapkan pada skala unit evolusioner ikan capungan Banggai yang umumnya mencakup satu atau sejumlah kecil desa adalah pendekatan BCF *garden* (Ndobe et al., 2023). Kata *garden* berarti taman atau kebun sehingga BCF *garden* dapat diartikan sebagai taman ikan capungan banggai. Pendekatan ini terinspirasi oleh konsep “budi daya *in-situ*” yang dikemukakan oleh ilmuwan Swedia Niclas Kolm (Ndobe & Moore, 2005) berdasarkan pengamatannya terhadap perilaku ikan capungan banggai (Kolm & Berglund, 2003). Konsep dasar pendekatan BCF *garden* adalah bahwa pemulihan habitat dalam suatu areal yang ditetapkan sebagai BCF *garden* di perairan dangkal pada habitat ikan capungan banggai, khususnya kesediaan mikrohabitat, akan meningkatkan keberhasilan reproduksi dan pertumbuhan baik individu maupun populasi (Moore et al.,

2017; Ndobe et al., 2023). Keuntungan sampingannya adalah bahwa pemulihan dan perlindungan habitat ikan capungan banggai dapat juga membantu dalam pengelolaan lestari ekosistem pesisir, termasuk organisme lain yang hidup di areal tersebut. Beberapa keuntungan BCF *Garden* diringkaskan pada Gambar 13.7.



Sumber: Ndobe et al. (2023)

Gambar 13.7 Beberapa Keuntungan Pendekatan BCF *Garden*

Ikan capungan banggai tidak memiliki fase pelagis dan berpindah jauh sehingga BCF *Garden* sebagai penyedia habitat sepanjang daur hidupnya tidak perlu luasan yang besar. Namun, hal tersebut hanya akan efektif apabila areal yang dilindungi merupakan habitat yang tepat untuk perkembangbiakan dan pertumbuhan ikan capungan banggai. Sama dengan konsep *locally managed marine area* (LMMA) yang juga menjadi inspirasi (Rocliffe et al., 2014; Syakur et al., 2012), BCF *Garden* dapat diterapkan pada tingkat kampung/komunitas, sebaiknya di areal yang mudah diawasi oleh masyarakat setempat. Pada hampir semua unit evolusioner (ESU), satu atau beberapa BCF *Garden* yang berpotensi efektif dalam memulihkan dan melindungi

ikan capungan banggai berserta habitat dan mikrohabitat dapat ditetapkan pada perairan pesisir satu perkampungan atau desa saja. Keberhasilan akan sangat ditentukan oleh dukungan dan partisipasi masyarakat setempat serta proses pembentukan yang partisipatif dan melibatkan unsur masyarakat, akademisi atau pakar yang tepat, dan unsur pemerintahan terkait.

Pendekatan BCF *Garden* pada dasarnya masuk pada golongan upaya perlindungan terbatas berbasis ruang meskipun dalam pelaksanaannya dapat pula memiliki unsur waktu, misalnya dengan aturan berbasis musim atau fase bulan di langit. Mengingat bahwa pengelolaan KKP3KD Banggai dan kewenangan atas perairan pesisir 0-12 NM dari garis pesisir berada di tingkat provinsi, penetapan dan pengelolaan BCF *Garden* membutuhkan dukungan kebijakan dari Pemerintah Daerah Provinsi Sulawesi Tengah. Payung ini dapat berwujud kebijakan dalam PERDA khusus atau sebagai bagian dari kebijakan pengelolaan KKP3KD Banggai. Pada tingkat desa, apabila pembentukan BCF *Garden* telah disepakati melalui proses partisipatif, sebaiknya diperkuat dengan peraturan desa, termasuk aturan mengenai pengelolaannya. Selain itu, lembaga adat dan kelembagaan masyarakat lainnya dapat juga berperan dalam proses pembentukan maupun pengelolaan BCF *garden*.

Cara paling sederhana dan efisien untuk meningkatkan ketersediaan mikrohabitat pada areal BCF *Garden* adalah dengan melindungi hewan benthik yang berperan sebagai mikrohabitat ikan capungan banggai dari pengambilan maupun perusakan. Jika ekosistem di perairan di sekitarnya dalam kondisi yang relatif baik, dapat diharapkan bahwa secara alami proses reproduksi akan menghasilkan larva yang akan terbawa oleh arus ke BCF *Garden* sehingga perlahan kelimpahan mikrohabitat seperti bulu babi, anemon laut maupun karang akan meningkat. Namun, keberhasilan pemulihan alami pada BCF *Garden* sangat tergantung dari kedatangan larva hewan mikrohabitat di perairan tersebut.

Hewan seperti bulu babi, anemon laut, dan karang umumnya melepaskan sel telur atau sperma dan pembuahan terjadi di perairan

meskipun sebagian jenis karang telur dibuahi sebelum terlepas dan dierami beberapa saat sebelum dilepaskan. Setelah fase planktonik yang terbawa arus, larva akan berubah menjadi yuwana yang bersifat bentik, yaitu menetap di dasar laut. Perubahan tersebut terjadi pada lokasi yang disebut *sink* dan sering kali jauh dari tempat hidup induknya yang disebut *source* atau lokasi sumber (Kool et al., 2011). Lokasi yang berpotensi sebagai sumber larva tergantung berbagai faktor seperti pola arus, lamanya fase pelagis, dan kelimpahan hewan mikrohabitat di lokasi tersebut (Kool et al., 2011; Scott, 2017; Uthicke et al., 2009). Apabila kelimpahan populasi mikrohabitat telah berkurang atau sudah nol pada lokasi yang sebelumnya merupakan sumber larva, perlindungan saja tidak akan efektif. Pemulihan populasi mikrohabitat di BCF *Garden* akan lambat ataupun tidak akan terjadi dan BCF *Garden* tidak akan efektif mendukung pemulihan populasi ikan capungan banggai. Dalam kondisi demikian, pemulihan akan memerlukan tindakan tambahan.

Beberapa tindakan yang dapat dilakukan untuk mendukung pemulihan ikan capungan Banggai dan mikrohabitatnya dijelaskan dalam pedoman yang telah disusun (Ndobe, Prabowo, et al., 2019) serta beberapa referensi lainnya seperti studi yang didanai oleh International Union for Conservation of Nature (IUCN) dalam rangka pertemuan Komisi Hewan CITES ke-30 tahun 2018 (Ndobe, Yasir, et al., 2018), sedangkan pendekatan BCF *Garden* diuraikan secara lebih mendalam dalam Ndobe et al. (2023). Pengamatan terhadap terumbu buatan di Bone Baru menunjukkan bahwa pemulihan habitat terumbu karang serta mikrohabitat karang keras telah aplikatif dan dapat berhasil (Ndobe et al., 2023). Metode yang diterapkan di Bone Baru berupa rangka besi dengan julukan “*spiders*” (Mars Assisted Reef Restoration System, singkatan MARSS) terbuat dari besi (Ampou et al., 2019) serta “roti buaya” dan bentuk lain terbuat dari beton. Khusus anemon laut, reproduksi aseksual melalui pemotongan individu dewasa telah dikembangkan untuk sedikitnya tiga jenis mikrohabitat ikan capungan banggai, yaitu *Heteractis crispa*, *Entacmaea quadricolor*, dan *Stichodactyla gigantea* (Moore et al., 2020).

Jenis bulu babi yang menjadi mikrohabitat ikan capungan banggai di Kepulauan Banggai terutama *Diadema setosum* dan *D. savignyi*; lainnya termasuk *Echinothrix calamares*, *E. diadema*, dan *Astropyga* sp., semuanya dari famili Diadematidae (Ndobe, Jompa, et al., 2018) dan terindikasi adanya spesies langka, yaitu *Diadema clarki* dan mungkin pula *D. paucispinum* (Moore, Tassaka, et al., 2019). Pengembangan budi daya dan pelepasan bulu babi di alam (*restocking*) paling maju adalah *Diadema antillarum* di Laut Karibea yang sudah banyak diteliti sejak kematian massal tahun 1980-an, tetapi masih pada fase uji coba (Lessios, 2016). Penelitian terhadap pengembangan budi daya bulu babi lainnya dari famili Diadematidae masih pada tahap awal dan belum siap diterapkan untuk tujuan konservasi atau ekonomis. Dengan demikian, apabila moratorium pemanfaatan tidak berhasil dalam pemulihan populasi bulu babi, terutama genus *Diadema*, untuk sementara waktu upaya alternatif yang dapat dilakukan adalah *restocking* dengan memindahkan individu dari kawasan tempat bulu babi masih berlimpah. Data yang tersedia tidak mengindikasikan adanya struktur genetik yang nyata atau unit evolusioner dalam populasi bulu babi *D. setosum* dan *D. savignyi* di perairan Kepulauan Banggai dan sekitarnya (Moore, Tassaka, et al., 2019) sehingga yang penting adalah upaya untuk menjaga keseimbangan antarspesies saja. Adapun beberapa upaya pengelolaan yang disarankan pada enam sub-populasi ikan capungan banggai di Pulau Banggai berdasarkan data tentang sifat dan status populasi ikan capungan banggai dan mikrohabitatnya serta unit evolusioner (ESU) dicantumkan pada Tabel 13.6.

Tabel 13.6 Status dan Saran Pengelolaan Berdasarkan Unit Evolusioner (ESU) untuk Enam Sub-populasi Ikan Capungan Banggai (*Pterapogon kauderni*) di Pulau Banggai

No.	Status/Jenis Upaya	Sub-Populasi ^a					
		POP	BB	PLN	TIN-MON	TOL	MAT
1	Terindikasi sebagai ESU	X	Tidak	X	X	X	X
2	Penurunan kelimpahan ikan capungan Banggai atau mikrohabitat ^b	X	-	X	X	X	X

No.	Status/Jenis Upaya	Sub-Populasi ^a					
		POP	BB	PLN	TIN-MON	TOL	MAT
3	BCF <i>Garden</i> – perlindungan spatial terbatas	X	X	X	X (MON)	X	X ³
4	Moratorium pengambilan mikrohabitat <i>Diadema</i>	X	X	X	X	X	
5	Moratorium pengambilan mikrohabitat anemone	X	X	X	X	X	X
6	Pemulihan mikrohabitat anemone (percontohan)		X		X (MON)		

Keterangan: ¹POP = Popisi; BB = Bone Baru; PLN = Paisulimukon; TIN = Tinakin Laut; MON = Monsongan; TOL = Tolokibit; MAT = Matanga; ²Bone Baru: fluktuasi, tidak ada tren nyata; ³Di Teluk Matanga disarankan BCF *Garden* di Desa Kapela

Pemulihan populasi ikan capungan banggai melalui budi daya di lingkungan buatan juga memungkinkan. Namun, perlu diperhatikan bahwa induk berasal dari unit evolusioner (ESU) yang sama dengan populasi pada lokasi *restocking* (Ndobe, Yasir, et al., 2018). Beberapa hama dan penyakit telah dilaporkan pada ikan capungan banggai dalam rantai perdagangan sehingga *biosecurity* juga sangat penting agar tidak memindahkan hama atau penyakit yang mungkin berada pada ikan yang dilepasliarkan ataupun pada air dan wadah media transportasinya (Yalindua et al., 2022).

Penurunan paling tajam dalam kelimpahan mikrohabitat berupa bulu babi di perairan Pulau Banggai terjadi di Tolokibit, yang merupakan lokasi pengambilan secara masal untuk tujuan komersial dan telah berkembang pada tahun 2016 (Moore et al., 2017b; Moore, Ndobe, Yasir, Ambo-Rappe, & Jompa, 2019). Selain restorasi terumbu karang dan pelatihan pembiakan aseksual anemon laut, di Bone Baru juga sudah dilakukan upaya budi daya ikan capungan banggai berbasis masyarakat dengan pendekatan sub-populasi, yaitu induk dan turunannya yang berasal dari lokasi yang berbeda dipelihara secara terpisah. Sejarah kegiatan konservasi/pengelolaan sumber daya perairan di Desa Bone Baru serta status sub-populasi ikan capungan banggai di Bone Baru yang tidak memenuhi kriteria unit evolusioner

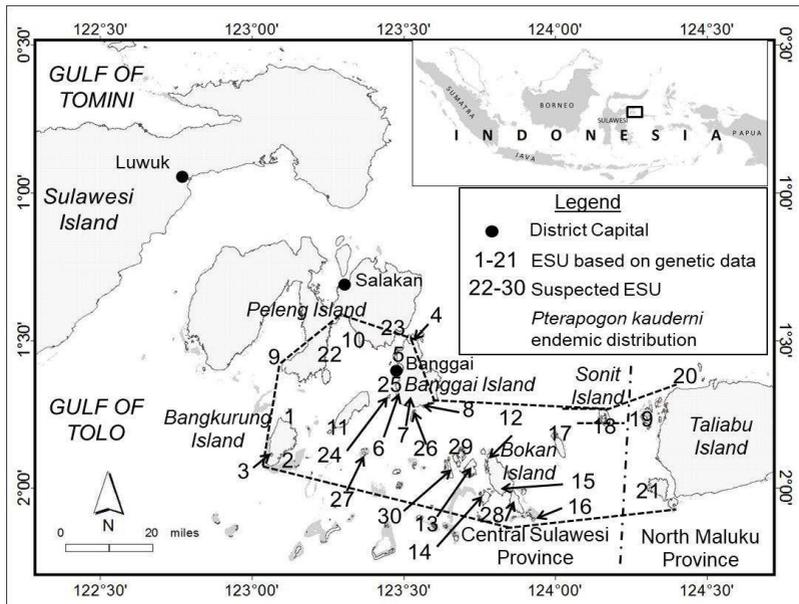
dapat dipandang sebagai peluang untuk riset dan pengembangan, antara lain, uji coba dan penyempurnaan berbagai pola/pendekatan pengelolaan lestari ikan capungan banggai sebelum penerapan pada populasi yang diketahui atau terindikasi bersifat unit evolusioner.

F. Penerapan Unit Evolusioner (ESU) dalam Pengelolaan Lestari Ikan Capungan Banggai

Indonesia membuat komitmen untuk menjamin kelestarian ikan capungan banggai (*Pterapogon kauderni*) dalam konteks CITES. Pada skala nasional, status ikan capungan banggai adalah sebagai ikan lindung terbatas (KEPMEN Nomor 49/KEPMEN-KP/2018) dan ditetapkan sebagai maskot ikan hias air laut Indonesia (KEPMEN-KP Nomor 2/202). Jumlah dan karakteristik unit evolusioner (ESU) ikan capungan banggai di Pulau Banggai dan di seluruh penyebaran endemiknya memiliki relevansi pada skala nasional dan internasional sebagai unit pengelolaan yang semestinya diterapkan untuk menjamin kelestarian populasi, termasuk keanekaragaman genetica (plasma nutfah) ikan capungan banggai (Ndobe, Yasir, et al., 2018). Berdasarkan data genetika dan sebaran ikan capungan banggai serta data terkait ketersediaan habitat yang sesuai secara biofisik, diprediksi jumlah total unit evolusioner pada penyebaran endemik ikan tersebut sedikitnya 20-an dan kemungkinan mencapai 30-an (Moore et al., 2017a, 2021; Ndobe, Yasir, et al., 2018). Peta pada Gambar 13.8 menunjukkan 30 populasi yang diduga sebagai ESU dan sebaiknya dikelola sebagai stok tersendiri berdasarkan prinsip kehati-hatian (*precautionary principle*).

Dari 21 populasi ikan capungan banggai yang diduga sebagai unit evolusioner (ESU) berdasarkan data genetik, 18 (85%) berada di KKP3KD Banggai, dan tiga di Kabupaten Pulau Taliabu, Provinsi Maluku Utara (19–21 pada Gambar 13.8). Semua populasi yang diduga sebagai ESU berdasarkan data biofisik berada di dalam KKP3KD Banggai. Sebaran unit evolusioner tersebut di KKP3KD

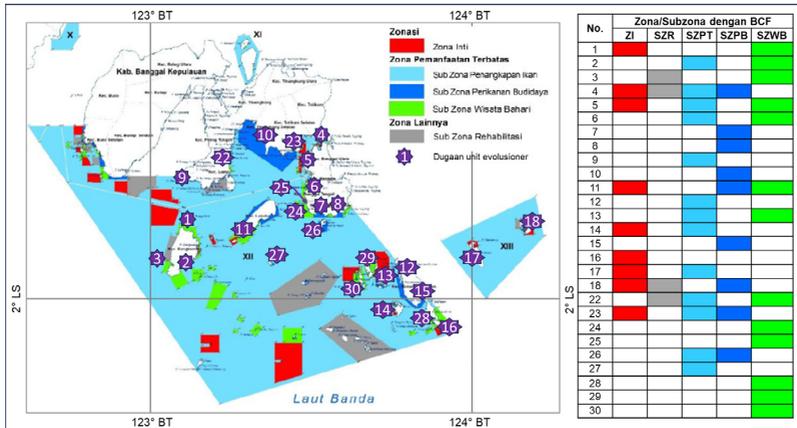
Banggai menurut zona tercantum pada Gambar 13.9 dan Tabel 13.8. Di P. Banggai dan sekitarnya, selain lima unit evolusioner pada enam lokasi yang telah dikaji secara morfometrik dan genetik (4–8), diduga bahwa Pulau Bandang Besar dan P. Bandang Kecil (24), suatu teluk terisolasi yang dimanfaatkan oleh perusahaan budi daya mutiara (25), dan Pulau Kenau (26) juga kemungkinan besar merupakan unit evolusioner.



Keterangan: 1–3 P. Bangkurung; 4–8 & 25 P. Banggai; 9–10 & 22–23 P. Peleng; 11 Labobo; 12 & 15 P. Bokan; 13 Melilis; 14 Masepe/Tanjung Nggasuang; 16 Loisa; 17 Tempaus; 18 Sonit; 19 Limbo; 20 Taliabu; 21 Seku; 24 P. Bangang Besar & P. Bandang Kecil; 25 Teluk budidaya mutiara; 26 Kenau; 27 Bangko; 28 Mbuang-Buang; 29 Kombongan & Kokudang; 30 Toropot

Sumber: Moore et al. (2021)

Gambar 13.8 Peta Dugaan Unit Evolusioner (ESU) di Penyebaran Endemik Ikan Capungan Banggai Berdasarkan Data Morfometrik, Genetik, dan Habitat



Keterangan: ZI = zona inti; SZR = sub-zona rehabilitasi; SZPT = sub-zona perikanan tangkap; SZPB = sub-zona perikanan budi daya; SZWB = sub-zona wisata bahari
 Sumber: KEPMEN No.53/KEPMEN-KP/2019; Moore et al. (2021)

Gambar 13.9 Peta Zonasi KKP3KD Banggai dan Sebaran Unit Evolusioner Ikan Capungan Banggai pada Zona dan Sub-zona

Tabel 13.8 Jumlah Unit Evolusioner (ESU) Ikan Capungan Banggai menurut Pulau/ Gugusan Pulau yang Sebagiannya Berada di Setiap Zona dan Sub-zona KKP3KD Banggai

No	Pulau/Lokasi ¹	Zona KKP3KD Banggai ²				
		Inti	Pemanfaatan ³			Lainnya
			PT	PB	WB	
1	Pulau Banggai dan sekitarnya (4–8, 24–26)	2	4	4	4	1
2	Pulau Bangkurung (1–3)	1	1	0	3	1
3	Pulau Peleng (9,10, 22, 23)	1	3	2	1	1
4	Bokan Kepulauan (12–18, 28–30)	4	4	2	4	1
5	Pulau lainnya (11, 27)	1	1	1	1	0
Jumlah total ESU (seluruh/sebagian)		9	13	9	13	4
Persentase (%) ESU di KKP3KD		33.3	48.1	33.3	48.1	14.8

Keterangan: ¹Nomor merujuk pada ESU di Gambar 8 dan 9; ²Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan RI No.53/KEPMEN-KP/2019; ³PT=sub-zona perikanan tradisional/perikanan tangkap berkelanjutan; PB = sub-zona perikanan budi daya; WB = sub-zona wisata bahari; ⁴R = sub-zona rehabilitasi.

Sebagian populasi ikan capungan banggai yang diduga sebagai unit evolusioner berada pada lebih dari satu zona, misalnya populasi di Pulau Sonit (18 di Gambar 13.8 dan 13.9) berada pada sebagian zona inti, zona pemanfaatan (sub-zona perikanan budi daya), dan zona lainnya (sub-zona rehabilitasi). Populasi ikan capungan banggai di Bone Baru yang bukan unit evolusioner juga berada pada zona pemanfaatan (sub-zona wisata bahari) dan zona lainnya (sub-zona rehabilitasi).

Sebagian kecil populasi di Popisi (4) masuk pada zona inti dan zona lainnya (sub-zona rehabilitasi) dan sebagian habitat yang diduga masuk pada ESU Paisulimukon berada di zona inti pula. Sebagian besar populasi ikan capungan banggai di Popisi dan Paisulimukon dan seluruhnya di ESU dugaan lainnya di perairan Pulau Banggai dan pulau-pulau kecil di sekitarnya masuk pada zona pemanfaatan. Sebagian habitat berada pada sub-zona perikanan tangkap (Popisi, Paisulimukon, Tinakin Laut-Monsongan, Pulau Kenau); sub-zona perikanan budi daya (Popisi, Tolokibit, Matanga, Pulau Kenau); dan zona wisata bahari (Paisulimukon, Monsongan-Tinakin Laut, Pulau Bandang Besar dan Kecil, dan teluk budi daya mutiara).

Populasi ikan capungan banggai relatif sedikit pada zona inti (tanpa penangkapan biota apa pun terkecuali dengan izin khusus), dan mencakup seluruhnya satu unit evolusioner (nomor 16 pada Gambar 13.8 dan 13.9) serta sebagian kecil dari 8 ESU lainnya. Oleh karena itu, untuk menjamin kelestarian plasma nutfah ikan capungan banggai diperlukan upaya pelestarian terpadu pada zona rehabilitasi dan pemanfaatan. Pengendalian penangkapan mikrohabitat *Diadema* sp. di zona pemanfaatan dinilai sangat penting, terutama di habitat ikan capungan banggai, juga pada lokasi yang diketahui atau diduga sebagai sumber larva bulu babi yang berpotensi menyuplai populasi di habitat tersebut. Di luar Pulau Banggai, beberapa populasi ikan capungan banggai yang diduga sebagai unit evolusioner telah terekstirpasi (punah pada suatu wilayah) (Moore, Ndobe, Yasir, & Jompa, 2019; Vagelli, 2011). Populasi ikan capungan banggai di Mandel (15 pada Gambar 13.8 dan 13.9) di sub-zona perikanan budi

daya di ambang kepunahan lokal pula. Faktor ancaman utamanya adalah penangkapan tak tercatat sebagai ikan hias dan penurunan sangat tajam jumlah bulu babi akibat peningkatan penangkapan untuk dikonsumsi oleh masyarakat. Tahun 2017, populasi ikan capungan banggai berlimpah, dengan ratusan ekor tersebar pada ribuan ekor bulu babi (Moore, Tassaka, et al., 2019). Pada tahun 2019, 2021, dan 2022 tersisa puluhan ekor ikan capungan banggai dengan mikrohabitat bulu babi yang secara fungsional telah terekstirpasi (nol sampai 12 ekor) dan sejumlah kecil anemon laut (Ndobe et al., 2020, 2023).

Selama lebih dari 20 tahun sejak perdagangan sebagai ikan hias dimulai, populasi introduksi ikan capungan banggai telah terbentuk di berbagai lokasi di perairan Indonesia (Ndobe, Yasir, et al., 2018). Ikan capungan banggai dari populasi introduksi dan turunannya seharusnya tidak dikembalikan ke penyebaran endemik ikan tersebut karena umumnya merupakan turunan dari ikan yang berasal dari berbagai unit evolusioner yang disatukan dalam rantai perdagangan. Data morfometrik salah satu populasi introduksi di Teluk Palu, khususnya di Kadongo, menunjukkan sifat serupa dengan populasi endemik (ESU) di Tolokibit, searah dengan informasi yang diperoleh mengenai asal-usul ikan capungan banggai yang dilepaskan di Teluk Palu (Ndobe & Moore, 2013). Namun, sangat kecil kemungkinan bahwa populasi itu merupakan turunan murni ESU tersebut. Sementara itu, data genetika (Hoffman et al., 2005) mengindikasikan bahwa ikan yang terlepas oleh pedagang dan membentuk populasi introduksi di Luwuk dominan berasal dari sejumlah populasi (unit evolusioner) di Pulau Banggai. Meskipun dapat dipandang sebagai cadangan dalam rangka menghindari kepunahan pada tingkat spesies, pelepasan ikan dari populasi lain di suatu unit evolusioner, apalagi dari populasi introduksi yang telah tercampur sifat genetiknya bakal mengakibatkan kehilangan sebagian keanekaragaman genetik (plasma nutfah) spesies tersebut.

Salah satu aspek penting dalam pemanfaatan ikan secara berkelanjutan yang makin dipersyaratkan pada tingkat internasional adalah *traceability* atau keterlacakan asal-usul ikan yang

diperdagangkan (World Bank, 2021). Dalam konteks perdagangan global ikan capungan banggai sebagai ikan hias, seharusnya unit evolusioner menjadi pertimbangan dan juga berpotensi menawarkan solusi apabila terdapat metode identifikasi asal-usul individu yang cukup akurat dan praktis. Kemudian, data yang tersedia dapat digunakan dalam penerapan pengelolaan berdasarkan prinsip kehati-hatian. Namun, dalam rangka pengelolaan yang lestari dan efisien, idealnya jumlah dan batas unit evolusioner (ESU) atau stok ikan capungan banggai diketahui dengan jelas berdasarkan data yang tepercaya.

Kajian sifat genetik ikan capungan banggai di Pulau Banggai maupun di lokasi lainnya di penyebaran endemik ikan tersebut hingga saat ini berdasarkan dua mikrosatelit yang ditemukan oleh Hoffman et al. (2004). Metode ini dinilai kurang tepat sebagai penanda molekuler dalam rangka pelacakan asal-usul individu dalam rangka *traceability*. Kajian dengan pendekatan molekuler lain, misalnya melalui kajian terhadap *single nucleotide polymorphisms* (SNP), seperti yang dikembangkan oleh Willette et al. (2014), kemungkinan dapat memberi keterangan lebih mendalam mengenai kekerabatan dan batas-batas antarunit evolusioner. Apabila berhasil, pengembangan metode identifikasi populasi asal yang cukup akurat dan praktis akan berguna dalam penentuan batas-batas unit evolusioner dan hubungan antarpopulasi pada seluruh penyebaran endemik ikan capungan banggai, pelacakan (*traceability*) ikan yang diperdagangkan baik secara legal maupun ilegal (misalnya ikan yang disita oleh pengawas), pemilihan calon induk untuk kegiatan pemulihan populasi (ESU) yang telah menurun kelimpahannya, dan kajian terhadap asal-usul ikan capungan banggai yang telah beradaptasi dan berhasil berkembang biak di berbagai populasi introduksi.

G. Penutup

Tinjauan terhadap status ikan endemik ikan capungan banggai (*Pterapogon kauderni*) berdasarkan unit evolusioner atau *evolutionarily*

significant units (ESU) menunjukkan bahwa terdapat sedikitnya 5 ESU di Pulau Banggai dan terindikasi sekitar 27 ESU di KKP3KD Banggai. Berdasarkan prinsip kehati-hatian, setiap unit evolusioner tersebut seharusnya dipandang sebagai stok atau unit pengelolaan. Kebanyakan ESU di Pulau Banggai berada dalam kondisi yang memprihatinkan dengan penurunan kelimpahan ikan capungan banggai beserta kondisi habitat dan kelimpahan mikrohabitat utamanya berupa beberapa jenis bulu babi, anemon laut, dan karang keras.

Pemulihan setiap stok memerlukan tindakan pengelolaan sesuai kondisi setempat. Intervensi yang disarankan di Pulau Banggai dan secara umum di KKP3KD Banggai termasuk penetapan areal konservasi khusus di habitat ikan capungan banggai di setiap desa sesuai konsep “BCF *Garden*” untuk mendukung pemulihan alami mikrohabitat, disertai moratorium penangkapan bulu babi dari famili Diadematidae serta anemon laut di habitat ikan capungan banggai dan pada lokasi sekitarnya yang berpotensi sebagai sumber larva. Apabila kelimpahan ikan capungan banggai atau mikrohabitatnya di salah satu ESU telah menurun tajam, pemulihan dapat ditunjang oleh budidaya *ex-situ* menggunakan induk ikan capungan banggai dari ESU yang sama, dan atau kekayaan mikrohabitat. Sangat penting upaya *restocking* tersebut mengikuti pedoman resmi, aturan yang berlaku, dan perkembangan ilmiah terkini.

Rekomendasi penelitian lanjutan termasuk pengembangan metode molekuler yang tepat untuk pemetaan unit evolusioner, pelacakan asal-usul dan kajian kekerabatan populasi baik endemik maupun introduksi ikan capungan banggai, serta pengembangan budi daya bulu babi.

Referensi

Allen, G. R., & Donaldson, T. J. (2007). Pterapogon kauderni. *The IUCN Red List of Threatened Species 2007*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63572A12692964.en>

- Arbi, U. Y., Ndobe, S., & Dirhamsyah. (2022). *Ikan capungan banggai* (Pterapogon kauderni) *sebuah catatan bioekologi dan introduksi*. Balai Pustaka. https://www.researchgate.net/publication/359506185_IKAN_CAPUNGAN_Banggai_Pterapogon_kauderni_sebuah_catatan_bioekologi_dan_introduksi
- Arbi, U. Y., Ndobe, S., Juliyanto, E., Oktaviani, S., Faricha, A., Hukom, F. D., Prayudha, B., Vimono, I. B., Widyastuti, E., Kurniawan, W., Gayatri, R., Sani, S. Y., & Wahyudi, A. J. (2021). *Summary for policy maker status populasi dan strategi pengelolaan ikan capungan Banggai di Indonesia* (1–8). Pusat Riset Oseanografi-Badan Riset dan Inovasi Nasional. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10957.10724>
- Bernardi, G., & Vagelli, A. A. (2004). Population structure in Banggai cardinalfish, *Pterapogon kauderni*, a coral reef species lacking a pelagic larval phase. *Marine Biology*, *145*(4), 803– 810. <https://doi.org/10.1007/s00227-004-1355-1>
- Cadrin, S. X. (2020). Defining spatial structure for fishery stock assessment. *Fisheries Research*, *221*, 105397. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105397>
- Crandall, K. A., Bininda-Emonds, O. R. R., Mace, G. M., & Wayne, R. K. (2000). Considering evolutionary processes in conservation biology. *Trends in Ecology and Evolution*, *15*(7), 290–295. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)01876-0](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01876-0)
- EC-PREP. (2005). *The Indonesian ornamental fish trade: Case studies and options for improving livelihoods while promoting sustainability in Banggai and Banyuwangi*. Network of Aquaculture Centres in Asia. <https://enaca.org/enclosure.php?id=756>
- Hawkins, S. J., Bohn, K., Sims, D. W., Ribeiro, P., Faria, J., Presa, P., Pita, A., Martins, G. M., Neto, A. I., Burrows, M. T., & Genner, M. J. (2016). Fisheries stocks from an ecological perspective: Disentangling ecological connectivity from genetic interchange. *Fisheries Research*, *179*, 333–341. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.01.015>

- Hoffman, E. A., Arguello, J. R., Kolm, N., Berglund, A., & Jones, A. G. (2004). Eleven polymorphic microsatellite loci in a coral reef fish, *Pterapogon kauderni*. *Molecular Ecology Notes*, 4, 342–344. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2004.00691.x>
- Hoffman, E. A., Kolm, N., Berglund, A., Arguello, J. R., & Jones, A. G. (2005). Genetic structure in the coral-reef-associated Banggai cardinalfish, *Pterapogon kauderni*. *Molecular Ecology*, 14(5), 1367–1375. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02538.x>
- Klingenberg, C. P. (2011). MorphoJ: An integrated software package for geometric morphometrics. *Molecular Ecology Resources*, 11, 353–357. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02924.x>
- Kocovsky, P. M., Sullivan, T. J., Knight, C. T., & Stepien, C. A. (2015). Genetic and morphometric differences demonstrate fine-scale population substructure of the yellow perch *Perca flavescens*: Need for redefined management units. *Journal of Fish Biology*, 82, 2015–2030. <https://doi.org/10.1111/jfb.12129>
- Kolm, N., & Berglund, A. (2003). Wild populations of a reef fish suffer from the “nondestructive” aquarium trade fishery. *Conservation Biology*, 17(3), 910–914. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01522.x>
- Kolm, N., Hoffman, E. A., Olsson, J., Berglund, A., & Jones, A. G. (2005). Group stability and homing behavior but no kin group structures in a coral reef fish. *Behavioral Ecology*, 16(3), 521–527. <https://doi.org/10.1093/beheco/ari022>
- Kool, J. T., Paris, C. B., Barber, P. H., & Cowen, R. K. (2011). Connectivity and the development of population genetic structure in Indo-West Pacific coral reef communities. *Global Ecology and Biogeography*, 20(5), 695–706. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00637.x>
- Kusche, H., Lee, H. J., & Meyer, A. (2012). Mouth asymmetry in the textbook example of scale-eating cichlid fish is not a discrete dimorphism after all. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1748), 4715–4723. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.2082>

- Lessios, H. A. (2016). The great *Diadema antillarum* die-off: 30 years later. *The Annual Review of Marine Science*, 8(1), 267–283. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-122414-033857>
- Mizuno, M. (2016). Envenomation by cnidarians and renal injuries. Dalam S. Goff & Z. Dubinsky (Ed.), *The Cnidaria, past, present and future: The world of Medusa and her sisters* (623–636). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-31305-4>
- Moore, A., & Ndobe, S. (2013). The Banggai cardinalfish: An overview of management and conservation initiatives. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies*, 15(S), 238–242. <https://doi.org/10.3755/galaxea.15.238>
- Moore, A. M., Ndobe, S., & Jompa, J. (2017a). A site-based conservation approach to promote the recovery of Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) endemic populations. *Coastal and Ocean Journal*, 1(2), 63–72. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/coj/article/view/35229>
- Moore, A. M., Ndobe, S., & Jompa, J. (2017b). Fingerprints of the Anthropocene: The 2016 coral bleaching event in an equatorial archipelago. Dalam M. T. Umar (Ed.), *Proceedings of the 4th International Marine and Fisheries Symposium 2017* (66–86). Universitas Hasanuddin. <https://osf.io/preprints/marxiv/q5frc>
- Moore, A., Ndobe, S., Salanggon, A.-I., Ederyan, & Rahman, A. (2012). Banggai cardinalfish ornamental fishery: The importance of microhabitat. Dalam *Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium, Cairns, Australia, 9-13 July 2012*, 13C. http://www.icrs2012.com/proceedings/manuscripts/ICRS2012_13C_1.pdf
- Moore, A. M., Ndobe, S., & Yasir, I. (2021). Importance of monitoring an endangered endemic species - intra-species biodiversity perspectives on the Banggai cardinalfish conservation and trade. Dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (Vol. 681, 012120). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/681/1/012120>

- Moore, A. M., Ndobe, S., Yasir, I., Ambo-Rappe, R., & Jompa, J. (2019). Banggai cardinalfish and its microhabitats in a warming world: a preliminary study. Dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (Vol. 253, 012021). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/253/1/012021>
- Moore, A. M., Ndobe, S., Yasir, I., & Jompa, J. (2019). Disasters and biodiversity: Case study on the endangered endemic marine ornamental Banggai cardinalfish. Dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (Vol. 253, 012036). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/253/1/012036>
- Moore, A., Ndobe, S., & Zamrud, M. (2011). Monitoring the Banggai cardinalfish, an endangered restricted range endemic species. *Journal of Indonesian Coral Reefs (JiCor)*, 1(2), 99–113. https://www.researchgate.net/publication/259568343_Monitoring_the_Banggai_Cardinalfish_an_Endangered_Restricted_Range_Endemic_Species
- Moore, A. M., Tassakka, A. C. M., Ambo-Rappe, R., Yasir, I., Smith, D. J., & Jompa, J. (2019). Unexpected discovery of *Diadema clarki* in the Coral Triangle. *Marine Biodiversity*, 49(5), 2381–2399. <https://doi.org/10.1007/s12526-019-00978-4>
- Moore, A. M., Yasir, I., A-Rappe, R., Ndobe, S., & Jompa, J. (2020). Asexual propagation of two sea anemone taxa for Banggai cardinalfish microhabitat enhancement. Dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (Vol. 473, 012011). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/473/1/012011>
- Moritz, C. (1994). Defining ‘evolutionarily significant units’ for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 9(10), 373–375. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2009.04.004>
- Ndobe, S. (2013). Biologi dan ekologi Banggai cardinalfish, *Pterapogon kauderni* (suatu kajian dalam upaya pengelolaan perikanan berbasis konservasi) [Disertasi]. Universitas Brawijaya. <https://osf.io/preprints/marxiv/wqz7t/download>
- Ndobe, S., & Moore, A. (2005). Potensi dan pentingnya pengembangan budidaya *in-situ Pterapogon kauderni* (Banggai

- cardinalfish). *InfoMAI*, 4(2), 9–14. https://www.researchgate.net/publication/334401702_Potensi_dan_Pentingnya_Pengembangan_Budidaya_In-situ_Pterapogon_kauderni_Banggai_Cardinalfish
- Ndobe, S., & Moore, A. (2013). Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) populations (stocks) around Banggai Island: A geometric and classical morphometric approach. *PeerJ Preprint*, 2013(12), 1–31. <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.182v1>
- Ndobe, S., Madinawati, & Moore, A. (2008). Pengkajian ontogenetic shift pada ikan endemik *Pterapogon kauderni*. *Jurnal Mitra Bahari*, 2(2), 32–55. https://www.researchgate.net/publication/323905327_Pengkajian_Ontogenetic_Shift_pada_Ikan_Endemik_Pterapogon_kauderni
- Ndobe, S., Setyohadi, D., Herawati, E. Y., Soemarno, & Moore, A. (2012). An ecological and social approach to Banggai Cardinalfish conservation management. Dalam *Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium*, 17A. https://www.icrs2012.com/proceedings/manuscripts/ICRS2012_17A_2.pdf
- Ndobe, S., Moore, A., Nasmia, Madinawati, & Serdiati, N. (2013). The Banggai cardinalfish: An overview of local research (2007–2009). *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies*, 15(Special Issue), 243–252. <https://doi.org/10.3755/galaxea.15.243>
- Ndobe, S., Soemarno, Herawati, E. Y., Setyohadi, D., Moore, A., Palomares, M. L. D., & Pauly, D. (2013). Life history of Banggai cardinalfish, *Pterapogon kauderni* (Actinopterygii: Perciformes: Apogonidae), from Banggai Islands and Palu Bay, Sulawesi, Indonesia. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, 43(3), 237–250. <https://doi.org/10.3750/AIP2013.43.3.08>
- Ndobe, S., Widiastuti, I., & Moore, A. (2013). Sex ratio dan pemangsaan terhadap rekrut pada ikan hias Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*). Dalam *Prosiding Konferensi Akuakultur Indonesia* (9–20). http://epaper.aquaculture-mai.org/upload/2_Ndobe_dkk_KAI_2013.pdf

- Ndobe, S., Moore, A., Salanggon, A.-I. M., Setyohadi, D., Herawati, E. Y., & Soemarno. (2013). Pengelolaan Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) melalui konsep ecosystem-based approach. *Marine Fisheries*, 4(2), 115-126. <https://doi.org/10.29244/jmf.4.2.115-126>
- Ndobe, S., Moore, A. M., & Jompa, J. (2017). Status of and threats to microhabitats of the endangered endemic Banggai Cardinalfish (*Pterapogon kauderni*). *Coastal and Ocean Journal*, 1(2), 73–82. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/coj/article/view/35231>
- Ndobe, S., Yasir, I., Moore, A. M., Biondo, M. V., & Foster, S. J. (2018). *A study to assess the impact of international trade on the conservation status of Pterapogon kauderni (Banggai cardinalfish)*. International Union for Conservation of Nature. <https://cites.org/sites/default/files/eng/com/ac/30/Inf/E-AC30-Inf-16.pdf>
- Ndobe, S., Jompa, J., & Moore, A. (2018). A tale of two urchins - implications for *in-situ* breeding of the endangered Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*). *Aquacultura Indonesiana*, 19(2), 65. <https://doi.org/10.21534/ai.v19i2.110>
- Ndobe, S., Moore, A., Yasir, I., & Jompa, J. (2019). Banggai cardinalfish conservation: priorities, opportunities, and risks. Dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (Vol. 253, 012033). *IOP Publishing* . <https://doi.org/10.1088/1755-1315/253/1/012033>
- Ndobe, S., Prabowo, Musa, A., Suharti, S. R., & Gayatri. (2019). *Pedoman rehabilitasi Banggai cardinalfish (Pterapogon kauderni)*. Kementerian Kelautan dan Perikanan. https://www.researchgate.net/publication/346646645_Pedoman_Monitoring_Banggai_CardinalFish
- Ndobe, S., Handoko, K., Wahyudi, D., Yasir, M., Irawati, Y., Tanod, W. A., & Moore, A. M. (2020). Monitoring the endemic ornamental fish *Pterapogon kauderni* in Bokan Kepulauan, Banggai Marine Protected Area, Indonesia. *Depik*, 9(1), 18–31. <https://doi.org/10.13170/depik.9.1.15363>

- Ndobe, S., Serdiati, N., Gani, A., Walalangi, J. Y., & Moore, A. M. (2023). Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) monitoring in Bokan Kepulauan (2017-2021) highlights the need for the “BCF Garden” approach. Dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (Vol. 1137, 012059). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1137/1/012059>
- Rocliffe, S., Peabody, S., Samoilys, M., & Hawkins, J. P. (2014). Towards A Network of Locally Managed Marine Areas (LMMAs) in the Western Indian Ocean. *PLoS ONE*, 9(7), e103000. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103000>
- Rusandi, A., Lilley, G. R., & Susanti, S. R. (Ed). (2016). *Rencana aksi nasional (RAN) konservasi ikan capungan Banggai periode I: 2017-2021*. Ministry of Marine Affairs and Fisheries. RI. https://www.researchgate.net/publication/346646645_Pedoman_Monitoring_Banggai_CardinalFish
- Scott, A. (2017). Sea anemones. Dalam R. Calado & I. Olivotto (Ed.), *Marine ornamental species aquaculture* (1st ed., 437–456). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119169147.ch21b>
- Suwardi., Arbi, U. Y., Wiadnyana, N. N., Ndobe, S., Reksodihardjo, G., Lestari, Y. T., Julianto, E., Nelly, E., & Suharti, S. R. (2019). *Pedoman monitoring Banggai cardinalfish* (Pterapogon kauderni). Ministry of Marine Affairs and Fisheries. https://www.researchgate.net/publication/346646645_Pedoman_Monitoring_Banggai_CardinalFish
- Syakur, A., Wibowo, J. T., Firmansyah, F., Azam, I., & Linkie, M. (2012). Ensuring local stakeholder support for marine conservation: Establishing a locally-managed marine area network in Aceh. *Oryx*, 46(4), 516–524. <https://doi.org/10.1017/S0030605312000166>
- Treml, E. A., Roberts, J., Halpin, P. N., Possingham, H. P., & Riginos, C. (2015). The emergent geography of biophysical dispersal barriers across the Indo-West Pacific. *Diversity and Distributions*, 21(4), 465–476. <https://doi.org/10.1111/ddi.12307>

- Uthicke, S., Schaffelke, B., & Byrne, M. (2009). A boom–bust phylum? Ecological and evolutionary consequences of density variations in echinoderms. *Ecological Monographs*, 79(1), 3–24. <https://doi.org/10.1890/07-2136.1>
- Vagelli, A. A. (1999). The reproductive biology and early ontogeny of the mouthbreeding Banggai cardinalfish, *Pterapogon kauderni* (Perciformes, Apogonidae). *Environmental Biology of Fishes*, 56, 79–92. <https://doi.org/10.1023/A:1007514625811>
- Vagelli, A. A. (2004). Ontogenetic shift in habitat preference by *Pterapogon kauderni*: A shallow water coral reef apogonid, with direct development. *Copeia*, 2004(2), 364–369. <https://doi.org/10.1643/CE-03-059R2>
- Vagelli, A. A. (2011). *The Banggai cardinalfish: Natural history, conservation, and culture of Pterapogon kauderni*. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119950387>
- Vagelli, A. A., Burford, M., & Bernardi, G. (2009). Fine scale dispersal in Banggai cardinalfish, *Pterapogon kauderni*: A coral reef species lacking a pelagic larval phase. *Marine Genomics*, 1, 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.margen.2009.01.001>
- Wiadnyana, N. N., Suharti, S. R., Ndobe, S., Triharyuni, S., Lilley, G. R., Risuana, S., Wahyudi, D., & Moore, A. M. (2020). Population trends of Banggai cardinalfish in the Banggai Islands, Central Sulawesi, Indonesia. Dalam *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, (Vol. 420, 012033). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/420/1/012033>
- Willette, D. A., Allendorf, F. W., Barber, P. H., Barshis, D. J., Carpenter, K. E., Crandall, E. D., Cresko, W. A., I, F.-S., Matz, M. V, Meyer, E., Santos, M. D., Seeb, L. W., & Seeb, J. E. (2014). So, you want to use next-generation sequencing in marine systems? Insight from the Pan-Pacific Advanced Studies Institute. *Bulletin of Marine Science*, 90(1), 79–122. <https://doi.org/10.5343/bms.2013.1008>
- Yahya, Y., Mustain, A., Artiawan, N., Reksodihardjo-Lilley, G., & Tlusty, M. F. (2012). Summary of results of population density surveys of the Banggai cardinalfish in the Banggai Archipelago,

Sulawesi, Indonesia, from 2007–2012. *AACL Bioflux*, 5(5), 303–308. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2012.303-308.pdf>

Yalindua, F. Y., Ibrahim, P. S., Saputro, S. P., Peristiwady, T., & Lawalata, J. H. (2022). Systematic review of research trends on the endemic fish *Pterapogon kauderni*. *AACL Bioflux*, 15(1), 96–114. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2022.96-114.pdf>

