



KONSEP KONSERVASI BERBASIS KAWASAN DALAM RANGKA PEMULIHAN POPULASI ENDEMIK BANGGAI CARDINALFISH (*Pterapogon kauderni*)

A SITE-BASED CONSERVATION APPROACH TO PROMOTE THE RECOVERY OF BANGGAI CARDINALFISH (*Pterapogon kauderni*) ENDEMIC POPULATIONS

Abigail Mary Moore ^a, Samliok Ndobe ^b, Jamaluddin Jompa ^{c*}

^a Program Studi S3 Ilmu Perikanan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.

^b Program Studi Akuakultur, Fakultas Peternakan dan Perikanan, Universitas Tadulako

^c Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin

*E-mail: jjompa@unhas.ac.id

ABSTRACT

The endemic Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) is an Indonesian conservation priority with Endangered species. The goal of this research was to develop a site-based conservation concept appropriate from a bio-ecological viewpoint, based on the unusual characteristics of this species, in particular: (i) mouthbrooder with direct development, leading to reproductively isolated stocks and fine scale genetic structure; (ii) high level of reliance on habitat, in particular symbiosis with benthic animals providing protective micro-habitat. Methods used include review and analysis of published literature and unpublished data, including an analysis using the Marxan spatial planning software. We suggest several policy options and identify research needs, including: (i) base *P. kauderni* conservation (protection, rehabilitation and sustainable use) on stocks as the basic management unit; (ii) use data on *P. kauderni* genetic stocks in the zonation of the proposed Banggai Archipelago marine protected area (MPA); (iii) undertake further research to identify stocks/stock boundaries; (iv) apply the "BCF gardens" concept to fine-scale rebuilding of *P. kauderni* populations and enabling sustainable use through micro-habitat rehabilitation, with a community-based approach supported by a multi-phase scientific research program. The outputs from this study should support efforts towards sustainable management of the Banggai cardinalfish, particularly in the context of strategies to develop and manage an effective sub-national MPA.

Keywords: genetic stock; habitat/micro-habitat rehabilitation; community-based conservation; marine protected area; Marxan

ABSTRAK

Salah satu spesies prioritas konservasi di Indonesia adalah ikan endemik Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) dengan status terancam punah. Penelitian bertujuan mengembangkan suatu konsep konservasi berbasis kawasan yang tepat secara bioekologi, didasarkan pada sifat bioekologis khas ikan tersebut, antara lain: (i) telur dierami hingga menetas lalu berkembang dalam mulut ikan jantan sampai fase larva berakhir; hal ini menyebabkan stok-stok terisolasi secara reproduktif dan memiliki sifat genetik khas; (ii) ketergantungan tinggi terhadap habitat, khususnya simbiosisnya dengan organisme yang berperan sebagai mikro-habitat pelindung. Metode yang digunakan adalah *review* dan kajian terhadap literatur ilmiah maupun data yang belum terpublikasi, termasuk hasil analisa dengan menggunakan software Marxan. Hasil mencakup sejumlah rekomendasi kebijakan maupun penelitian lanjutan, antara lain: (i) konservasi (perlindungan, pemulihan dan pemanfaatan berkelanjutan) *P. kauderni* dilakukan berbasis sub-unit populasi (stok); (ii) data stok genetik *P. kauderni* menjadi salah satu dasar zonasi Kawasan Konservasi Perairan Daerah (KKPD) di Kepulauan Banggai; (iii) penelitian dilaksanakan untuk melanjutkan identifikasi stok genetik dan batas-batas diantaranya; (iii) ditawarkan konsep "BCF gardens", yaitu sebuah pola pemulihan dan pemanfaatan berkelanjutan populasi *P. kauderni* melalui pemulihan mikrohabitat, dilaksanakan pada skala kecil, berbasis masyarakat, dan didukung oleh program riset ilmiah secara bertahap. Hasil kajian ini diharapkan sebagai sumbangan informasi pengelolaan berkelanjutan *P. kauderni*, khususnya dalam konteks strategi pengembangan dan pengelolaan KKPD yang efektif.

Kata kunci: stok genetik; pemulihan habitat/mikro-habitat; konservasi berbasis masyarakat; kawasan konservasi perairan; Marxan

1. PENDAHULUAN

Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*, Koumans 1933), ikan dari Famili Apogonidae, memiliki penyebaran alami (endemik) sangat terbatas, dengan luasan total habitat sekitar 30 km² di perairan dangkal (kedalaman < 5m) 34 pulau, umumnya di Kepulauan Banggai, Sulawesi Tengah, Indonesia (Vagelli, 2011). Setelah penemuan ulang oleh pakar iktiologi Gerry Allen tahun 1994, *P. kauderni* menjadi primadona penggemar ikan hias laut; lima tahun kemudian, *P. kauderni* telah dianggap terancam punah (Allen, 2000). Analisa dinamika populasi menunjukkan laju pemanfaatan ($E = 0,5$) tergolong tinggi (Ndobe dkk., 2013a). Kajian yang menghasilkan status *Endangered* (terancam punah) pada *Red List* IUCN (*International Union for the Conservation of Nature*) menyebutkan dua ancaman utama terhadap populasi endemik *P. kauderni*, yaitu pemanfaatan sebagai ikan hias dan degradasi/kehilangan habitat (Allen & Donaldson, 2007).

Pada Famili Apogonidae, telur yang telah dibuahi dierami dalam mulut induk jantan lalu berkembang dalam mulutnya hingga menetas, namun induk jantan *P. kauderni* tetap mengerami hingga fase larva berakhir (Vagelli, 2011). Tanpa fase pelagis, *P. kauderni* tidak berpindah jauh sepanjang daur hidupnya, maka apabila terjadi kepunahan lokal (ekstirpasi), pemulihan alami hampir tidak mungkin ataupun mustahil (Kolm dkk., 2005; Vagelli, 2011; Moore dkk., 2012; Ndobe dkk., 2013b). Daur hidup tersebut mengakibatkan pula struktur genetik populasi pada skala sangat kecil; dengan sejumlah besar stok terpisah secara reproduktif yang memiliki genetika khas, ekstirpasi akan mengakibatkan kepunahan *strain* genetik (Hoffman dkk., 2005; Vagelli dkk., 2009; Ndobe, 2013).

Simbiosis *P. kauderni* dengan biota

yang berperan sebagai mikrohabitatnya, terutama bulubabi (*Diadema* sp.), anemone laut termasuk *Actinodendron* sp., *Entacmea quadricolor*, *Heteractis crispa*, *H. magnifica*, *H. malu*, *Stichodactyla gigantea*, dan karang keras, terutama koloni dengan bentuk bercabang (Vagelli, 2004; Ndobe dkk., 2008; Ndobe, 2013; Moore dkk., 2017), dipandang sebagai faktor penentu dalam keberhasilan reproduksi dan dinamika populasi *P. kauderni* di alam (Moore dkk., 2012; Vagelli, 2011; Ndobe, 2013; Ndobe dkk., 2013a,b,c,d,e; Talbot dkk., 2013); lebih lanjut, data empirik menunjukkan bahwa pelestarian dan (apabila telah terdegradasi) pemulihan mikrohabitat (symbion) sebagai kondisi mutlak keberhasilan pelestarian populasi *P. kauderni*, khususnya di wilayah penyebaran endemiknya (Moore dkk., 2012; Ndobe, 2013; Ndobe dkk., 2013b,c).

Kelestarian *P. kauderni* menjadi isu nasional dan internasional ketika *P. kauderni* didaftarkan pada Lampiran II CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) diusulkan untuk pertama kali pada pertemuan CoP (Conference of the Parties) CITES ke-14 tahun 2007. Rencana Aksi Nasional Banggai Cardinalfish (RAN-BCF) 2007-2012 tersusun pasca CoP CITES ke-14, dan *P. kauderni* ditetapkan sebagai biota perairan prioritas konservasi di Indonesia periode 2009-2014 maupun 2015-2019. Berbagai upaya yang dilakukan belum menghasilkan kerangka kebijakan atau sistem yang efektif untuk menjamin kelestarian populasi endemik ikan tersebut saat *P. kauderni* didaftarkan pada Lampiran II CITES kembali diusulkan pada CoP CITES ke-17 tahun 2016. Hasil pertemuan tersebut, Indonesia membuat komitmen lagi untuk menjamin kelestarian *P. kauderni*, dan diwajibkan untuk melaporkan progress pada pertemuan Komisi Hewan CITES yang direncanakan pada bulan Juli tahun 2018.

Dalam konteks RAN-BCF 2007-2012, *P. kauderni* ditetapkan sebagai sasaran konservasi (pada dua diantara sepuluh pulau) di Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) yang dicanangkan melalui SK Bupati Banggai Kepulauan No. 540 Tahun 2007. Cakupan KKLD tersebut dinilai lemah dari aspek konservasi populasi, habitat dan keanekaragaman genetik *P. kauderni* (Ndobe dkk., 2012). Sebelum efektif diterapkan KKPD tersebut, terjadi pemekaran Kabupaten Banggai Laut, mencakup bagian selatan dari kabupaten induk (Kabupaten Banggai Kepulauan) pada tahun 2013; kemudian kewenangan untuk konservasi perairan berubah dengan disahkan Undang-Undang Otonomi Daerah baru (UU 23/2014). Aspek positif dari perubahan-perubahan tersebut adalah peluang untuk mereview konsep KKPD di Kepulauan Banggai, termasuk terkait efektivitas dalam mewujudkan pelestarian populasi, habitat, dan keanekaragaman genetik *P. kauderni*.

Tujuan penelitian adalah pengembangan suatu konsep konservasi berbasis kawasan yang tepat secara bioekologi maupun sosio-ekonomi. Hal ini didasarkan pada sifat bioekologis khas *P. kauderni*, khususnya: (i) stok yang terisolasi secara reproduktif dengan sifat genetik khas; (ii) ketergantungan tinggi terhadap habitat, khususnya simbiosisnya dengan organisme yang berperan sebagai mikro-habitat pelindung.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini berupa kajian terhadap data dan informasi yang telah maupun belum dipublikasi dalam literatur ilmiah serta *grey literature*, cetak maupun elektronik, Data dianalisa secara deskriptif dan grafik, untuk menghasilkan sejumlah kesimpulan dan saran terkait dengan tujuan penelitian. Khusus Pulau Banggai, ditinjau kembali analisa spasial

menggunakan *spatial planning software* MARXAN (Game & Grantham, 2008; Ardon dkk., 2010) dalam ArcView 3.2 (Ndobe, 2013). Unit perencanaan berbentuk hexagon (segienam) lebar 100m (areal ± 0.866 ha). FEATURES (sasaran konservasi, dengan persentase minimal yang hendak dilestarikan) dan COSTS (hal-hal yang dapat menghambat upaya konservasi sasaran tersebut) tercantum pada Tabel 1.

Hexagon 100% daratan, daerah pelabuhan, Kota Banggai dan jalur pelayaran berstatus LOCKOUT (tidak dapat terpilih), sedangkan DPL (Daerah Perlindungan Laut) dan areal restorasi karang di Bone Baru berstatus LOCKIN (selalu terpilih). Sumber data adalah KLH (2007) (peta dasar, F1-3, C1, C3, C5) dan Ndobe (2013) (F4, C2, C4, modifikasi terhadap layar lainnya). Parameter *Boundary Length Modifier* (BLM) mewakili biaya berasosiasi dengan panjang batas KKP (Kawasan Konservasi Perairan), berpengaruh terhadap pola sebaran hexagon terseleksi sebagai calon/saran jejaring KKP oleh Marxan; diberi nilai 1 dan 0.1.

3. HASIL DAN DISKUSI

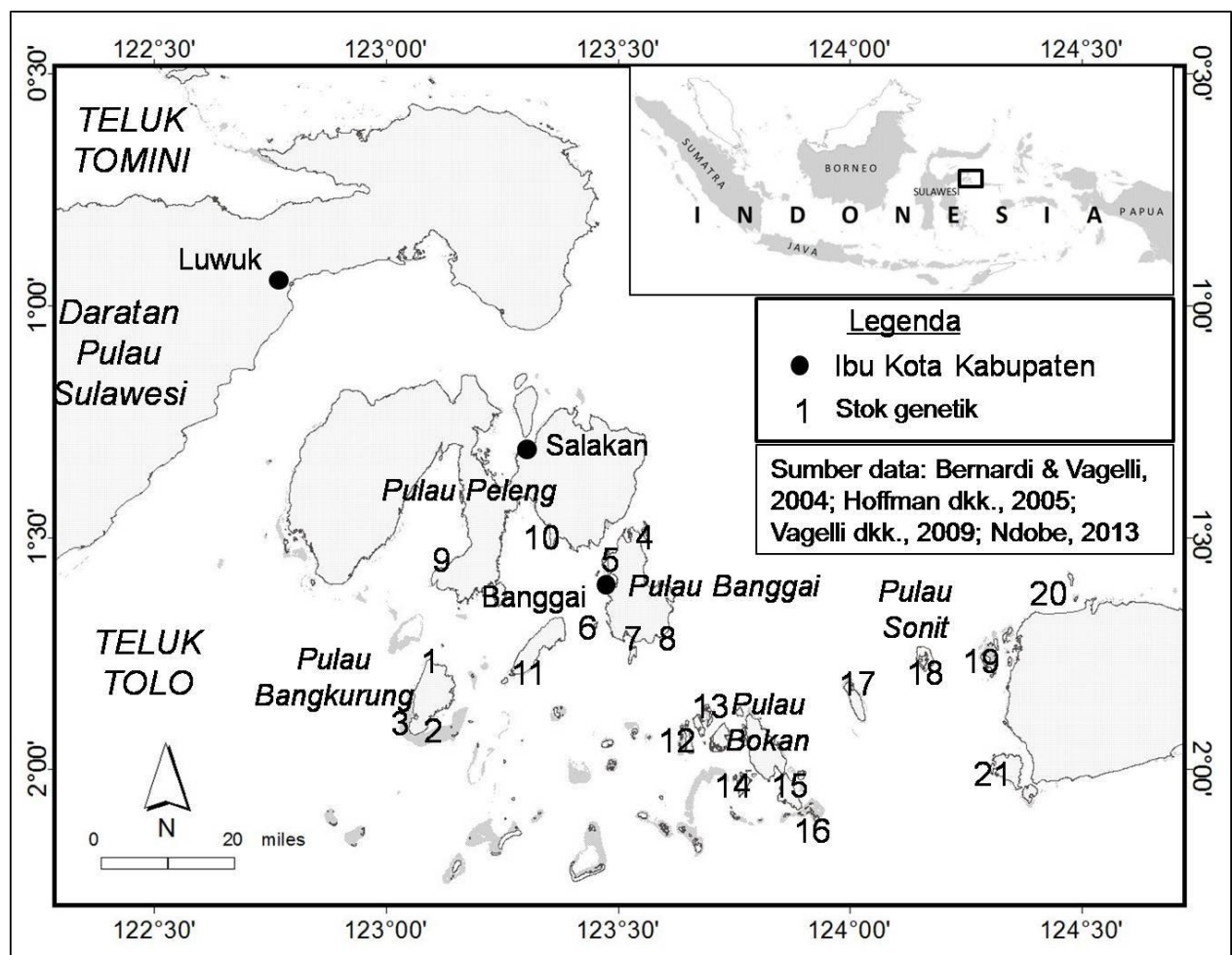
3.1. Penentuan Unit Pengelolaan yang tepat - stok genetik *P. kauderni*

Kajian terhadap struktur genetika dan batas stok *P. kauderni*, umumnya menggunakan sejumlah mikrosatelit polimorfik yang ditemukan oleh Hoffman dkk. (2004), telah mengidentifikasi sedikitnya 21 sub-populasi dengan sifat genetik khas (Gambar 1) yang diduga sebagai stok terpisah secara reproduktif (Bernardi & Vagelli, 2004; Hoffman dkk., 2005; Vagelli dkk., 2009; Ndobe, 2013).

Data genetika populasi yang tersedia (Bernardi & Vagelli, 2004; Hoffman dkk., 2005; Vagelli dkk., 2009; Ndobe, 2013) baru yang mencakup 14 dari 34 pulau yang

Tabel 1. FEATURES dan COSTS yang digunakan dalam analisa MARXAN

| No | FEATURE | TARGET | No | COST | Keterangan |
|----|-----------------------------|--|----|----------------------|-----------------------------------|
| F1 | Mangrove | 20-35% | C1 | Desa | Radius 50-100m |
| F2 | Terumbu karang | 20-35% | C2 | Budidaya rumput laut | Poligon |
| F3 | Padang Lamun | 15-30% | C3 | Sungai | Radius sesuai ukuran |
| F4 | Populasi <i>P. kauderni</i> | 25-50% dari penyebaran setiap stok genetik | C4 | Terbuka pada cuaca | Poligon |
| | | | C5 | Garis pesisir | Hexagon dilalui oleh garis pantai |

**Gambar 1.** Sub-populasi *P. kauderni* yang diketahui memiliki sifat genetik unik

menurut Vagelli (2011) memiliki populasi *P. kauderni* bersifat endemik. Namun demikian, secara keseluruhan data tersebut memberi indikasi kuat bahwa secara umum, sub-populasi di setiap pulau

yang terisolasi oleh perairan relatif dalam (puluhan meter) merupakan stok genetik berbeda dengan pulau-pulau di sekitarnya. Kemudian, pada pulau-pulau lebih besar (seperti P. Banggai, P. Bangkurung dan P.

Peleng) terdapat sejumlah sub-populasi yang terpisah secara reproduktif dan memiliki sifat genetik unik. Setiap sub-populasi tersebut dapat dipandang sebagai stok, masing-masing terpisah oleh perairan pesisir yang tidak tepat sebagai habitat *P. kauderni*, dengan jarak sekecil 2-5 km diantaranya.

Perbedaan genetik (genotipe) kerap kali terkait dengan perbedaan dalam morfologi atau yang nampak (fenotipe), sehingga penentuan batas stok ikan idealnya menggunakan data morfometrik dan genetik (Moblely dkk., 2011). Studi morfometrik (metode *geometric morphometrics* maupun morfometrik klasik) di Pulau Banggai menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ($p < 0.05$) dalam bentuk tubuh maupun sejumlah karakter morfometrik antar 5 sub-populasi atau stok dengan sifat genetik yang berbeda (Ndobe & Moore, 2013c). Kemudian Vagelli (2011) mengemukakan hipotesa bahwa pola bintik putih pada tubuh *P. kauderni* bervariasi antar lokasi, mungkin terkait dengan perbedaan genetik antar sub-populasi (stok).

Sifat khas pada suatu stok mungkin berupa tanda *plasticity* atau kemampuan adaptasi fenotipe secara individu, ataupun perbedaan genetik (genotipe), disebabkan *genetic drift* dan faktor stokastik lainnya atau proses seleksi alam (Hellberg, 2009). Perbedaan genotipe/fenotipe khas dapat mempengaruhi *fitness* suatu individu, yaitu besarnya peluang reproduksi dan mewariskan genotipe (alel) pada generasi berikut (Pfaender dkk., 2010). Dengan demikian, unit pengelolaan biota laut seharusnya pada stok genetik (Palumbi, 2003; Rocha dkk., 2007). Merujuk pada prinsip kehati-hatian, keanekaragaman genetika perlu dijadikan pertimbangan penting dalam konservasi *P. kauderni*; khususnya, upaya pemulihan seharusnya menghindari pencampuran/perpindahan individu atau gamet *P. kauderni* antar sub-

populasi yang diketahui atau diduga sebagai stok genetik.

3.2. Mikrohabitat *P. kauderni* - khususnya *Diadema* sp.

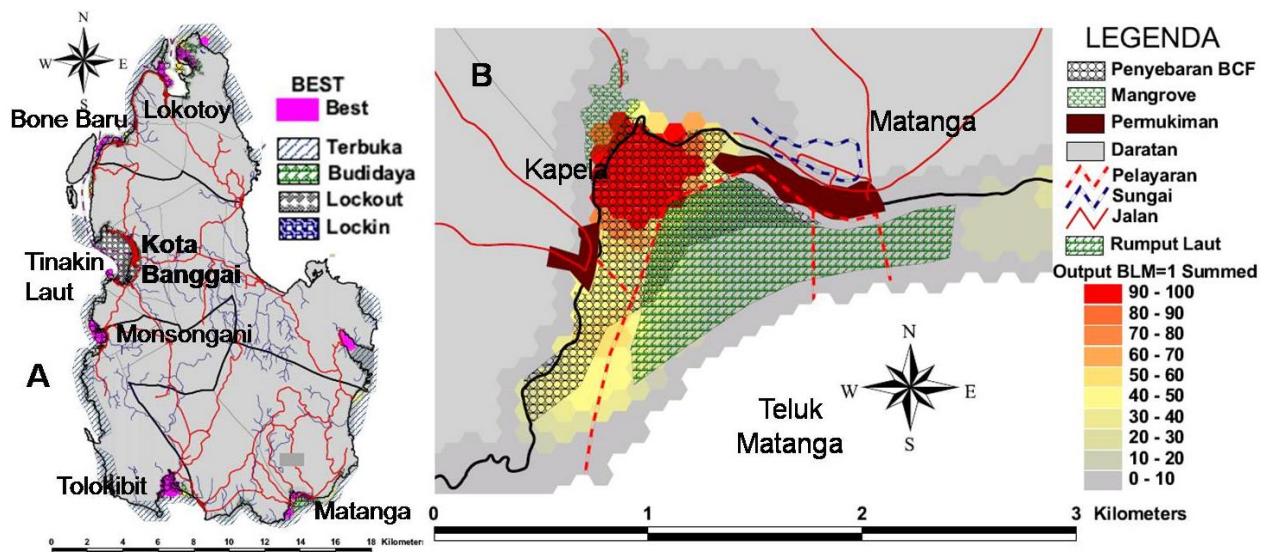
Menurut Vagelli (2011), *Diadema setosum* sebagai simbion utama *P. kauderni*. Data status dan pemanfaatan *Diadema* sp. maupun simbiosisnya dengan *P. kauderni* masih pada tingkat Genus. Data konektivitas dan sifat genetik *Diadema* sp., hal penting dalam konteks pelestarian/pemulihan populasi bulubabi dari genus tersebut, belum mencakup perairan Indonesia; namun spesies dari Genus *Diadema* dengan penyebaran luas di perairan Indopasifik mencakup pula *Diadema savignyi* (Lessios dkk., 2001). Hasil penelitian terbaru menunjukkan bahwa *P. kauderni* menggunakan *D. setosum* maupun *D. savignyi* sebagai mikrohabitat, baik di Kepulauan Banggai (Ndobe dkk., 2017) maupun di lokasi populasi introduksi *P. kauderni* di Kelurahan Mamboro, Teluk Palu (Moore dan Ndobe, data belum dipublikasi, Gambar 2).

3.3. Analisa MARXAN di Pulau Banggai

Unit (hexagon) terpilih oleh rumus iteratif MARXAN (BEST, warna ungu) sebagai prioritas untuk dimasukkan dalam kawasan konservasi ternyata cenderung relatif mirip antar ulangan apabila menggunakan parameter pengelolaan kawasan konservasi (terutama BLM) yang sama ataupun berbeda antar ulangan. Secara khusus, perairan sub-populasi (stok) *P. kauderni* di Lokotoy/Popisi, Bone Baru, Tolokibit dan Matanga/Kapela selalu terpilih, seperti pada contoh hasil ulangan RUN MARXAN representatif yang tercantum pada Gambar 3A. Pembesaran suatu lokasi (Teluk Matanga) tercantum pada Gambar 3B, dan menunjukkan areal paling sering terseleksi (warna merah) di teluk tersebut, yang serupa dengan lokasi



Gambar 2. *D. setosum* (kiri) dan *D. savignyi* (kanan) di habitat *P. kauderni*, Teluk Palu



Gambar 3. Contoh peta hasil MARXAN: A. Pulu Banggai (hexagon SELECTED sebagai BEST ditandai dengan warna ungu); B. Teluk Matanga/Kapela (warna SUMMED menandai frekuensi - persentase - pemilihan hexagon pada RUN MARXAN dengan 1000 iterasi)

pemantauan Kapela tahun 2016 (Ndobe dkk., 2017). Di perairan tersebut, populasi maupun habitat *P. kauderni* dalam kondisi relatif baik, disebabkan upaya pencegahan kegiatan destruktif oleh masyarakat

setempat sejak sekitar satu tahun sebelumnya. Database yang ada dapat diperbarui dan digunakan dalam perencanaan pada berbagai skala.

Tabel 2. Isu kunci dan saran kebijakan maupun penelitian

| No. | Isu | Saran Kebijakan | Saran Penelitian |
|-----|--|---|--|
| 1 | Struktur genetik populasi endemik <i>P. kauderni</i> | Unit pengelolaan berbasis kawasan= stok genetik Menghindari aksi yang dapat merubah sifat genetik stok, termasuk <i>gene flow</i> non alami (misalnya pada <i>restocking</i>) | Riset (molekuler & ekologi) untuk menentukan jumlah dan batas-batas stok genetik Riset multi-disiplin untuk menerangkan hubungan spatial maupun temporal antar stok |
| 2 | Degradasi habitat khususnya penurunan drastis kelimpahan mikrohabitat | Kebijakan pengendalian pengelolaan perikanan avertebrata bentik (bersifat tak tercatat/tak teratur/berlebih), khususnya <i>Diadema sp.</i> dan anemon laut | Riset multi-disiplin terhadap mikrohabitat: sebaran dan kelimpahan relatif spesies, struktur genetik, konektivitas, reproduksi, teknologi budidaya, <i>re-stocking</i> |
| 3 | Pendekatan holistik bio-ekologi dan sosio-ekonomi (a/l paradigma EAFM) | Pengembangan/penerapan konsep "BCF gardens": pemulihan populasi <i>P. kauderni</i> melalui pemulihan mikrohabitat pada skala kecil, berbasis masyarakat | Riset eksperimental terhadap preferensi mikro-habitat pada <i>P. kauderni</i> (semua fase/umur) dan daya dukung mikro-habitat Uji-coba skala kecil konsep "BCF gardens" <i>ex-situ</i> dan <i>in-situ</i> |

3.4. Saran kebijakan KKPD dan penelitian pendukung

Berdasarkan kajian di atas, tiga isu kunci teridentifikasi, dan sejumlah rekomendasi kebijakan tersusun, dalam konteks strategi efektif pengembangan KKPD, maupun penelitian lanjutan untuk mendukung pencapaian sasaran konservasi terkait populasi endemik *P. kauderni*. Isu dan saran tersebut secara ringkas pada Tabel 2.

Konsep "*BCF gardens*" (Ndobe & Moore, 2013b, Tabel 2) terinspirasi oleh gerakan *Locally Managed Marine Areas* (LMMA) yang lahir dikawasan Pasifik (Govan, 2009) dan telah mulai diterapkan di Indonesia (Steenbergen, 2013). Pendekatan pengelolaan lestari pada skala kampung/komunitas tersebut cenderung memanfaatkan adat/tradisi setempat, namun dapat pula mengembangkan "tradisi baru" yang disepakati masyarakat.

Sebuah kawasan LMMA umumnya dikelola untuk melestarikan dan meningkatkan sumberdaya/komoditas perikanan tertentu. Konsep *BCF gardens*, ditentukan kawasan relatif kecil di sebuah areal yang merukanan habitat *P. kauderni*; untuk mendukung pemulihan populasi *P. kauderni* di dalam dan disekitar kawasan tersebut, upaya/sistem pengelolaan difokuskan pada pelestarian/pemulihan mikrohabitat (khususnya bulubabi, anemone laut, karang).

Konsep *BCF gardens* memerlukan dukungan dan partisipasi masyarakat, pemerintah, dan akademisi dengan keahlian khusus. Untuk mempertahankan keanekaragaman hayati (jenis, plasma nutfah), sebaiknya *BCF garden* terbentuk di sebaran setiap stok genetik *P. kauderni*. Penerapan konsep secara bertahap dapat dimulai dengan percontohan pada satu atau sejumlah kecil stok yang telah

teridentifikasi, agar senantiasa berfungsi sebagai sarana riset dan pendidikan dalam penyempurnaan dan penyebarluasan konsep.

Beberapa faktor dinilai dapat mendukung keberhasilan penerapan konsep *BCF Gardens*, termasuk khususnya dalam konteks pengaktifan KKPD di Kepulauan Banggai. Antara lain, pola kehidupan *sedentary P. kauderni* maupun mikrohabitatnya; wewenang legislatif tingkat desa dalam paradigma Otonomi Daerah Indonesia dapat memberi pengakuan formal dan mendukung operasionalisasi pada skala kecil; partisipasi aktif masyarakat dalam beberapa upaya konservasi sebelumnya (Moore & Ndohe, 2013).

4. KESIMPULAN

Data yang tersedia dinilai mencukupi untuk mengawali pendekatan berbasis stok (genetik) dalam konservasi *P. kauderni* secara umum, dan secara khusus dalam desain zona-zona spesifik perlindungan *P. kauderni* di Kawasan Konservasi Perairan Daerah (KKPD) di Kepulauan Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah. Namun demikian, masih penting melanjutkan proses identifikasi sub-unit (stock) *P. kauderni* dan batas-batas diantaranya, maupun meningkatkan pengetahuan mengenai simbiose *P. kauderni*, peran dan pemulihan populasinya melalui berbagai kajian multi-disiplin. Pola konservasi khusus yang ditawarkan adalah konsep "*BCF gardens*": pelestarian *P. kauderni* melalui pemulihan mikrohabitat pada skala kecil, berbasis masyarakat, didukung oleh program riset ilmiah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi

dukungan dalam bentuk apapun sehingga penelitian telah terlaksana dan artikel (makalah) ini tersusun.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, G.R. 2000. Threatened fishes of the world: *Pterapogon kauderni* Koumans, 1933 (Apogonidae). *Environmental Biology of Fishes* 57, 142
- Allen, G.R, Donaldson, T.J. 2007. *Pterapogon kauderni*. The IUCN Red List of Threatened Species 2007. (accessed 21/01/17) <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63572A12692964.en>
- Ardron J.A., Possingham H.P., Klein C.J. (Eds.). 2010. *Marxan Good Practices Handbook, Version 2*. Pacific Marine Analysis and Research Association, Victoria. 165 pp.
- Bernardi, G., Vagelli, A. 2004. Population structure in Banggai cardinalfish, *Pterapogon kauderni*, a coral reef species lacking a pelagic larval phase. *Marine Biology* 145, 803–810
- Game, E.T., Grantham, H.S. 2008. *Marxan User Manual: For Marxan version 1.8.10*. University of Queensland, Australia, and Pacific Marine Analysis and Research Association, Vancouver. 135 pp.
- Govan, H. 2009. Status and potential of locally-managed marine areas in the South Pacific: meeting nature conservation and sustainable livelihood targets through wide-spread implementation of LMMAs. *SPREP/WWF/WorldFish-Reefbase/CRISP*. 95pp
- Hellberg, M.E.. 2009. Gene Flow and Isolation among Populations of Marine Animals. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40, 291–310
- 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* 2004(4), 342-344
- 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, 1367-1375
- KLH. 2007. BANGKEP_New. Sebuah proyek ArcView 3.x Kabupaten Banggai Kepulauan berdasarkan Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:50,000, Citra Landsat TM Path/Row 112/61 Tahun 2003 dan kerja lapangan Mei-Juni 2007. Diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Banggai Kepulauan pada tahun 2009.
- Lessios, A.H.A., Kessing, B.D., Pearse, J.S. 2001. population structure and speciation in tropical seas : global phylogeography of the sea urchin *Diadema*. *Evolution* 55(5), 955-975
- Mobley, K.B., Lussetti, D., Johansson, F., Englund, G., Bokma, F. 2011. Morphological and genetic divergence in Swedish postglacial stickleback *Pungitius pungitius* populations. *BMC Evolutionary Biology* 11, 287
- Moore, A., Ndobe, S. 2013. The Banggai cardinalfish: An overview of management and conservation initiatives. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies* 2013(SI), 238-242
- Moore, A., Ndobe, S., Salanggon, A.I.M, Ederyan, Rahman, A. 2012. Banggai Cardinalfish Ornamental Fishery: The Importance of Microhabitat. *Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium, Cairns, Australia, 9-13 July 2012, 13C_1.* http://www.icrs2012.com/proceedings/manuscripts/ICRS2012_13C_1.pdf
- Moore, A., Ndobe, S., Jompa, J. 2017. Fingerprints of the Anthropocene: the 2016 Coral Bleaching Event in an Equatorial Archipelago. *Proceedings of the 4th International Marine and Fisheries Symposium, Makassar, 20 May 2017, 66-86*
- Ndobe, S. 2013. *Biologi dan Ekologi Banggai Cardinalfish, Pterapogon kauderni (Suatu Kajian Dalam Upaya Pengelolaan Perikanan Berbasis Konservasi. Disertasi. Program Pascasarjana, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.*
- Ndobe, S., Madinawati, Moore, A. 2008. Pengkajian Ontogenetic Shift pada Ikan Endemik *Pterapogon kauderni*. *Jurnal Mitra Bahari* 22, 32-55
- Ndobe, S., Setyohadi, D., Herawati, E.Y., Soemarno, Moore, A., Palomares, M.D., Pauly D. 2013a. Life History of Banggai Cardinalfish *Pterapogon kauderni* (Actinopterygii: Pisces: Apogonidae) in Banggai Islands and Palu Bay, Sulawesi, Indonesia. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria* 433, 237-250
- Ndobe, S.; Moore, A., Salanggon, A.I.M., Muslihudin, Setyohadi, D., Herawati, E.Y., Soemarno. 2013b. Pengelolaan Banggai cardinalfish *Pterapogon kauderni* melalui Konsep Ecosystem-Based Approach. *Marine Fisheries* 2013(2), 115-126
- Ndobe, S. & Moore, A. 2013c. Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) populations (stocks) around Banggai Island, a geometric and classical morphometric approach. *PeerJ PrePrints*, e182v1. <https://peerj.com/preprints/182v1.pdf> (accessed 15/01/17)
- Ndobe, S. Widiastuti, I., Moore, A. 2013d. Sex ratio dan Pemangsaan terhadap Rekrut pada Ikan Hias Banggai Cardinalfish *Pterapogon kauderni*. *Prosiding Konferensi Akuakultur*

- Indonesia 2013. <http://epaper.aquaculture-mai.org/upload/2.%20Ndobe%20dk%20KAI%202013.pdf> (accessed 27/04/15)
- Ndobe, S., Moore, A., Nasmia, Madinawati, Serdiati, N. 2013e. The Banggai cardinalfish: an overview of local research 2007-2009. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies* 2013(SI), 243-252
- Ndobe, S., Moore, A., Jompa, J. 2017. Status dan Ancaman terhadap Mikrohabitat Ikan Endemik Terancam Punah Banggai Cardinalfish (*Pterapogon kauderni*). *Coastal and Ocean Journal* Vol. 1 (2): 73-82.
- Palumbi, S.R. 2003. Population Genetics, Demographic Connectivity, and the Design of Marine Reserves. *Ecological Applications* 131, S146-S158
- Pfaender, J., Schliewen, U.K., Herder, F. 2010. Phenotypic traits meet patterns of resource use in the radiation of "sharpfin" sailfin silverside fish in Lake Matano. *Evolutionary Ecology* 24(5), 957-974
- Rocha, L.A., Craig, M.T., Bowen, B.W. 2007. Phylogeography and the conservation of coral reef fishes. *Coral Reefs* 26(3), 501-512
- Steenbergen, D.J. 2013. Negotiating the Future of Local "Backwaters": Participatory Marine Conservation on Small Islands in Eastern Indonesia. PhD Thesis, Murdoch University. 366 pp. (accessed 13/12/16)
<Http://researchrepository.murdoch.edu.au/19364/2/02Whole.pdf>
- Talbot, R., Pedersen, M., Wittenrich, M.L., & Moe Jr, M. 2013. Banggai cardinalfish: a guide to captive care, breeding. & natural history. Reef to Rainforest Media, Shelburne. 159 pp.
- 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
- Vagelli, A.A. 2011. The Banggai Cardinalfish: Natural History, Conservation, and Culture of *Pterapogon kauderni*. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester. 219 pp.