



STATUS DAN ANCAMAN TERHADAP MIKROHABITAT IKAN ENDEMIK TERANCAM PUNAH BANGGAI CARDINALFISH (*Pterapogon kauderni*)

STATUS OF AND THREATS TO MICROHABITATS OF THE ENDANGERED ENDEMIC BANGGAI CARDINALFISH (*Pterapogon kauderni*)

Samliok Ndohe ^{a,d*}, Abigail Mary Moore ^b, JamaluddinJompa ^c

^a Aquaculture Study Program, Faculty of Animal Husbandry and Fisheries, Tadulako University, Indonesia

^b Post-Graduate Program, Faculty of Marine Science and Fisheries, Hasanuddin University, Indonesia

^c Faculty of Marine Science and Fisheries, Hasanuddin University, Indonesia

^d Konsorsium Mitra Bahari Provinsi Sulawesi Tengah (Central Sulawesi Sea Partnership), Indonesia

*E-mail: samndobe@yahoo.com

ABSTRACT

The endemic Banggai cardinalfish (*Pterapogon kauderni*) is one of conservation priority marine species in Indonesia. With a conservation status of Endangered, Indonesia has made a commitment to *P. kauderni* conservation, and policy development is underway. *P. kauderni* lives in symbiosis with sea urchins (*Diadema sp.*), sea anemones and branching corals. This research evaluated the current status of and threats to *P. kauderni* microhabitat, including the climate change context. Primary data were collected using Coral-Watch and swim survey methods during the 2016 global bleaching event, and compared with survey data collected since 2004. The study revealed a sharp decline in *Diadema sp.* population abundance as well as reduced sea anemone abundance, in both cases largely due to sharp increases in exploitation by local communities, mostly for human consumption. Corals and other microhabitats had also suffered from increased coral reef degradation related to local-scale destructive human activities, as well as climate-related coral bleaching. Wherever microhabitat availability was greatly reduced, *P. kauderni* abundance had declined sharply, irrespective of fishing pressure on this species. Microhabitat protection and recovery is considered a sine qua non prerequisite for successful in-situ *P. kauderni* conservation. The results contribute to the scientific basis for sustainable management of endemic *P. kauderni* stocks and habitat.

Keywords: Endangered species; symbiosis; microhabitat; overfishing; coral bleaching

ABSTRAK

Salah satu biota perairan prioritas konservasi di Indonesia adalah ikan hias endemik *Pterapogon kauderni*, dengan nama umum *Banggai cardinalfish*. Berstatus spesies terancam punah, Indonesia berkomitmen untuk menjamin kelestariannya, dan proses penyusunan kebijakan perlindungan yang bersimbiosis dengan bulubabi (*Diadema sp.*), anemone laut dan karang keras bercabang. Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji data terkini mengenai status dan ancaman mikrohabitat *P. kauderni*, termasuk dalam konteks perubahan iklim. Data primer diperoleh dengan metode survey *Coral-Watch* serta *swim survey* pada *bleaching event* berskala global tahun 2016, dibanding dengan data hasil survey yang dilakukan sejak 2004. Hasil yang diperoleh antara lain bahwa kelimpahan populasi *Diadema sp.* mengalami penurunan sangat drastis dan kelimpahan anemone laut menurun, keduanya akibat tangkap lebih untuk dimanfaatkan sebagai konsumsi masyarakat pesisir. Mikrohabitat lainnya seperti terumbu karang, mengalami kerusakan yang meningkat akibat aktivitas bersifat destruktif (berskala lokal) maupun sebagai dampak perubahan iklim, khususnya *coral bleaching*. Pada lokasi dimana mikrohabitat telah menurun tajam, populasi *P. kauderni* sangat berkurang, termasuk pada lokasi dengan maupun tanpa penangkapan ikan tersebut. Perlindungan dan pemulihan mikrohabitat dipandang sebagai kondisi mutlak yang mendesak dilakukan untuk keberhasilan upaya pelestarian populasi *P. kauderni*. Hasil penelitian sebagai kontribusi terhadap dasar ilmiah perencanaan dan penerapan pengelolaan lestari populasi ikan hias endemik *P. kauderni* beserta habitatnya.

Kata Kunci: Endangered species; simbiosis; mikrohabitat; tangkap lebih; coral bleaching.

1. PENDAHULUAN

Salah satu spesies biota perairan dari 20 spesies prioritas konservasi di Indonesia adalah ikan hias endemik *Pterapogon kauderni*, dengan nama umum Banggai cardinalfish dan nama lokal antara lain *bebese tayung* (Bahasa Bajo), capungan Banggai, dan ikan kardinal Banggai. Ikan tersebut berstatus *Endangered species* (spesies terancam punah) pada *Red List IUCN* (International Union for the Conservation of Nature) (Allen & Donaldson, 2007), dengan dua ancaman utama yaitu pemanfaatan sebagai ikan hias dan degradasi/kehilangan habitat. Pada CoP CITES (Conference of Parties to the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) ke-17 tahun 2016, Indonesia berkomitmen untuk menjamin kelestarian *P. kauderni*, dan proses penyusunan kebijakan perlindungan sedang berlangsung.

Tanpa fase pelagis dan tidak berpindah jauh sepanjang daur hidupnya (Kolm dkk., 2005; Vagelli, 2011), *P. kauderni* bersimbiosis dengan biota lain yang berperan sebagai mikrohabitatnya, terutama bulubabi (*Diadema* sp.), anemone laut dan karang keras, terutama koloni karang bercabang (Vagelli, 2004; Ndobe dkk., 2008). Mekanisme simbiosis *P. kauderni* dengan mikrohabitatnya belum sepenuhnya diketahui, namun hasil penelitian menunjukkan bahwa ketersediaan mikrohabitat sangat krusial dalam keberhasilan reproduksi, dan dipandang sebagai faktor penentu dalam dinamika populasi *P. kauderni* di alam, namun mikrohabitat tersebut semakin terancam dan mengalami degradasi (Moore dkk., 2011 & 2012; Vageli, 2011; Ndobe dkk., 2013a,b,c; Talbot dkk., 2013).

Semakin banyak ilmuwan dari berbagai disiplin yang berpendapat bahwa aktivitas manusia telah memicu perubahan

dalam biosfer bumi hingga terjadi perubahan *geological epoch* dari Holocene ke Anthropocene (Crutzen, 2002; Barnosky, 2014; Steffen dkk., 2015). Ciri-ciri zaman Anthropocene (arti "zamannya manusia") termasuk perubahan dalam iklim global, antara lain kenaikan suhu rata-rata, disertai peningkatan frekuensi dan severitas cuaca ekstrim; perubahan dalam komposisi kimiawi atmosfer maupun perairan laut (Ellis dkk., 2011; IPCC, 2014); dan peristiwa kepunahan spesies global ke-6 (Jackson, 2008; Dirzo dkk., 2014). Salah satu dampak perubahan iklim antropogenik pada ekosistem terumbu karang adalah wabah-wabah *coral bleaching* (pemutihan karang) berskala regional ataupun global, termasuk di Indonesia dan secara khusus di perairan Pulau Sulawesi dan sekitarnya (Yusuf & Jompa, 2012; Hughes dkk., 2017).

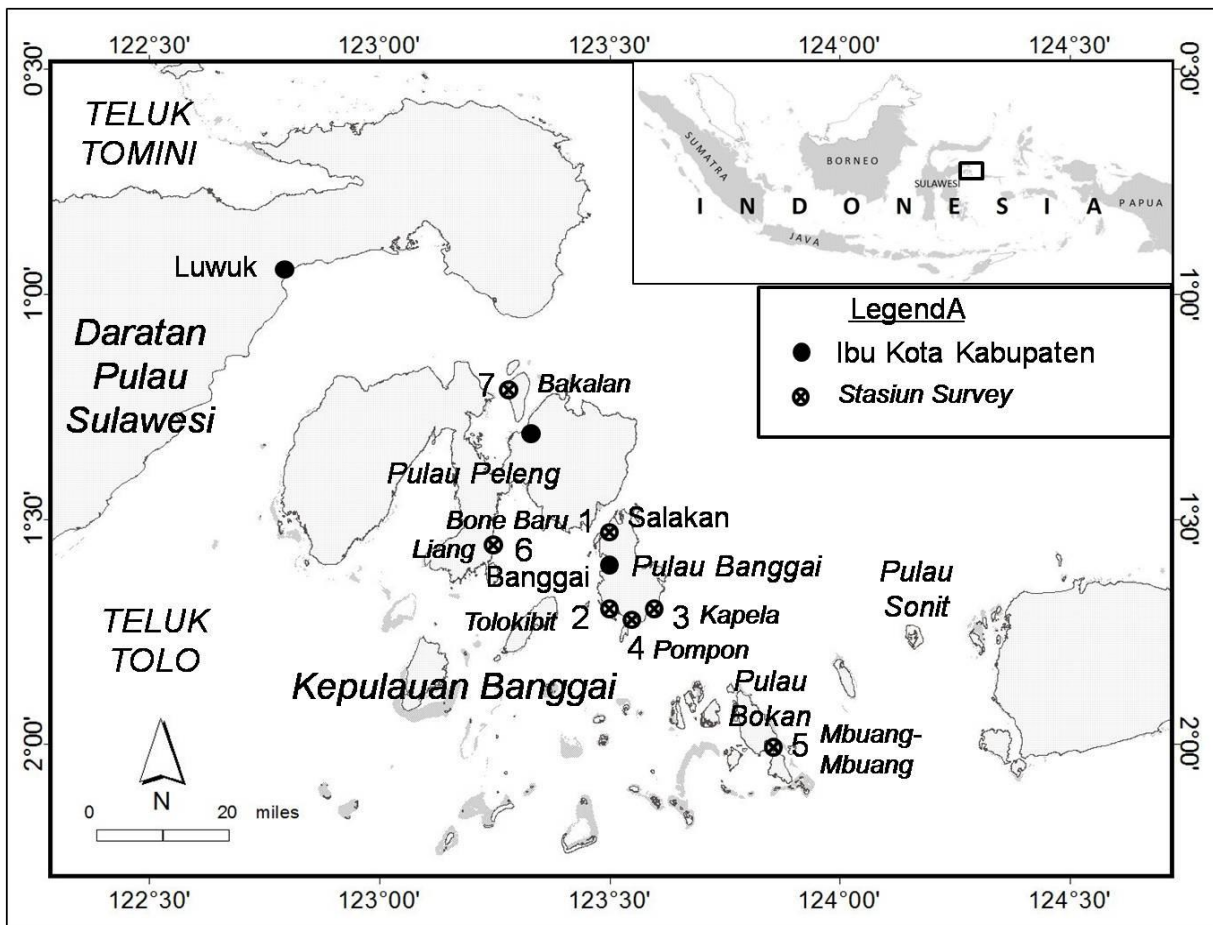
Dalam konteks pengelolaan lestari, sangat penting untuk mengetahui bukan hanya status populasi *P. kauderni* tetapi juga status dan ancaman terhadap habitat, dan secara khusus mikrohabitatnya. Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji data terkini mengenai status mikrohabitat *P. kauderni* serta ancaman bersifat antropogenik terhadapnya yang berskala lokal (misalnya tangkap lebih dan aktivitas destruktif) maupun global (terkait perubahan iklim), khususnya dalam konteks kelestarian populasi endemik ikan *P. kauderni*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Data primer diperoleh pada *bleaching event* berskala global tahun 2016, dilengkapi dengan data sekunder hasil studi pustaka. Lokasi survey secara geografis di Kepulauan Banggai (Gambar 1). Data pemutihan karang (*coral bleaching*) dengan metode survey *CoralWatch* (CoralWatch, 2011) menggunakan skala (kode) warna dari

CW1 (pemutihan total) sampai CW6 (warna paling tua); apabila warna sebuah koloni karang tidak seragam, dicatat kode warna paling pucat dan paling tua. Untuk setiap koloni karang dicatat pula *Lifeform* (LF), yaitu bentuknya berdasarkan klasifikasi *Global Coral Reef Monitoring Network* (GCRMN) (English dkk., 1997, Tabel 1), serta genus, menggunakan *Indo-Pacific Coral-finder* (Kelley, 2011). Data kualitatif kondisi ekosistem, kelimpahan *P.*

kauderni, dan mikrohabitat, terutama *Diadema* sp., diperoleh melalui *swim survey* (Hill & Wilkinson, 2004). Suhu perairan diukur dengan termometer yang terpasang pada papan data. Data pendukung diperoleh dari responden melalui wawancara (*Key Informant Interview, KII*). Analisa dilakukan secara kualitatif dan deskriptif, dalam konteks pengelolaan lestari.



Gambar 1. Peta lokasi survey tahun 2016 di Kepulauan Banggai

Tabel 1. Kode *Lifeform* (LF) GCRMN (English dkk., 1997)

Kode LF	Deskripsi	Kode LF	Deskripsi
ACB	Acropora bercabang	CM	Karang masif
ACD	Acropora berjari	CF	Karang lembaran/daun
ACT	Acropora berbentuk meja	CE	Karang merayap
CB	Karang bercabang	CMR	Karang jamur
CS	Karang semi-masif		

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Suhu dan Kecerahan Perairan serta Pemutihan Karang

Data suhu dan kecerahan air laut (Tabel 2) menunjukkan bahwa pada saat survey suhu perairan berkisar 1-3°C di atas data historis. Data tersebut senada dengan data regional (beresolusi kasar) dari NOAA untuk periode tersebut, dan menunjukkan resiko tinggi terjadinya pemutihan (Loya dkk., 2010; NOAA, 2011).

Data pemutihan karang (N=1166 koloni) berdasarkan skala warna *Coral Watch* menurut bentuk *Lifeform* (LF)

tercantum pada Tabel 3. Sebagian koloni karang dari semua bentuk (LF) maupun 36 dari 39 Genus mengalami dampak nyata, yaitu memutih total (CW1) atausangat memucat (CW2).

Genus karang paling rentan terhadap pemutihan termasuk *Seriatopora* (CB), *Stylophora* (CB), *Pocillopora* (CB), dan *Acropora* (ACB). Pada Genus *Porites*, frekuensi dan severitas pemutihan lebih tinggi pada jenis/koloni berbentuk bercabang (CB) dibanding yang masif atau sub-masif (CS/CM); pemutihan teramati pula pada anemon laut, mikrohabitat penting bagi *P. kauderni* (Gambar 2).

Tabel 2. Data Kualitas perairan pada 8 stasiun survey

No.	Lokasi	Habitat BCF	Suhu Air (°C)	Kecerahan (m)	Keterangan
1	Bone Baru	Ya	31-32	> 15	Suhu air rata-rata 32°C
2	Tolokibit	Ya	33	3-15	Keruh dekat pesisir
3	Kapela	Ya	31-33	7-10	Suhu berubah dengan pasang-surut
4	Pompon	Tidak	31-32	> 10	Terbuka pada cuaca
5	Mbuang	Tidak	33	> 15	1-7 m kedalaman
	Mbuang		31-32		8-15m kedalaman
6	Liang	Ya	32-33	> 15	Suhu rata-rata 32°C, arus panas 33°C
7	Bakalan	Ya	32-34	2-10	Suhu rata-rata 33°C, arus panas 34°C
Data periode 2004-2014		-	27-31	2 sampai > 20	2004: umumnya 28-29 2012: umumnya 29-30

Table 3. Data *Coral Watch* menurut *Lifeform* (LF)

<i>Life-form</i> Kode	Persentase Koloni						Jumlah koloni
	CW1	CW2	CW3	CW4	CW5	CW6	
ACB	28.3	43.5	15.2	9.4	2.2	1.4	138
ACD	6.7	33.3	33.3	26.7	0.00	0.00	15
ACT	23.9	39.1	19.6	8.7	8.7	0.00	46
CB	37.1	35.1	17.2	8.6	1.7	0.3	302
CS	8.9	56.6	19.4	13.3	1.8	0.00	113
CM	11.8	49.3	27.4	10.2	1.3	0.00	373
CF	17.0	39.3	23.2	12.5	8.0	0.00	112
CE	48.3	20.7	17.2	13.8	0.00	0.00	29
CMR	10.6	34.2	34.2	18.4	2.6	0.00	38
Total	21.8	42.9	21.9	10.7	2.2	0.5	1166



Gambar 2. *Porites* sp. bercabang dan anemon laut (*Entacmea quadricolor*) sedang mengalami *bleaching*, dihuni oleh *P. kauderni*, *Premnas biaculeatus*, *Dascyllus aruanus*

Data yang diperoleh menunjukkan bahwa sebagian besar jenis karang yang dilaporkan sebagai mikrohabitat *P. kauderni* masuk dalam kategori relatif rentan terhadap dampak perubahan iklim; demikian pula mikrohabitat anemone laut, hewan yang juga bersimbiosis dengan zooxanthellae. Riset dampak perubahan iklim terhadap jenis-jenis anemon laut simbiosis *P. kauderni* masih minim; mengingat peran pentingnya pada fase juvenil *P. kauderni* (Moore dkk., 2012), dipandang sebagai salah satu prioritas penelitian.

3.2. Kondisi populasi *P. kauderni* dan mikrohabitat

Hasil survey bahwa penyebab utama penurunan dalam kelimpahan populasi *Diadema* sp. maupun anemone laut adalah peningkatan dalam pemanfaatan sebagai konsumsi (makanan) masyarakat pesisir. Sedangkan di Pulau Banggai maupun di Liang, *Diadema* sp. digunakan pula sebagai pakan ikan hidup yang dipelihara di keramba. Jenis anemone laut dihuni *P. kauderni* (hasil swim survey) adalah *Entacmea quadricolor* (Gambar 2), *Heteractis crista*, *H. magnifica*,

Stychodactyla gigantea, *Macrodictyla doreensis*, dan *Actinodendron* sp. (Gambar 3, genus ini tidak dikonsumsi oleh masyarakat). Publikasi mengenai perbenihan spesies tersebut tidak ditemukan, namun pembiakan *H. magnifica* dengan metode aseksual pernah diujicoba di Marine Station Universitas Hasanuddin.

Dua jenis dari Genus *Diadema* teramati sebagai mikrohabitat *P. kauderni*, yaitu *Diadema setosum* dan *D. savignyi* (Gambar 4). Data kualitatif mengenai kondisi dan perubahan dalam populasi *P. kauderni* dan mikrohabitat Genus *Diadema* (Tabel 4) menunjukkan bahwa dimana populasi *Diadema* sp. telah menurun tajam, populasi *P. kauderni* juga sangat berkurang, termasuk lokasi ada penangkapan (Bone Baru, Tolokibit) maupun tanpa penangkapan (Liang) sebagai ikan hias. Selain tangkap lebih terhadap *Diadema* sp. dan anemone laut, kegiatan perikanan bersifat destruktif, khususnya pengambilan avertebrata dengan cara yang merusak terumbu karang, semakin lazim, termasuk di Daerah Perlindungan Laut (DPL) Bone Baru.



Gambar 3. Juvenil *P. kauderni* berasosiasi dengan *Actinodendron* sp. di Bone Baru

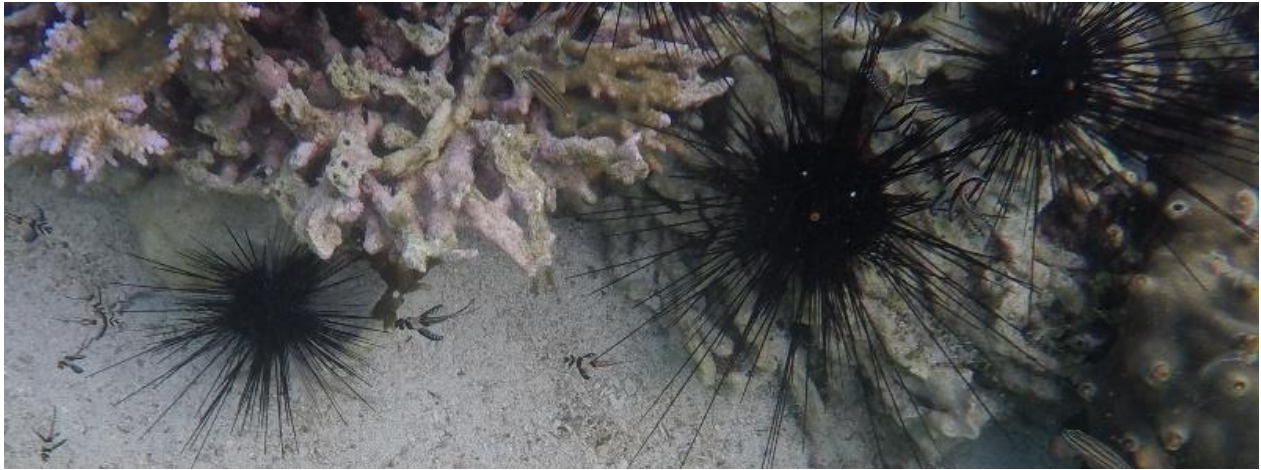
3.2. Kondisi populasi *P. kauderni* dan mikrohabitat

Hasil survey bahwa penyebab utama penurunan dalam kelimpahan populasi *Diadema* sp. maupun anemone laut adalah peningkatan dalam pemanfaatan sebagai konsumsi (makanan) masyarakat pesisir. Sedangkan di Pulau Banggai maupun di Liang, *Diadema* sp. digunakan pula sebagai pakan ikan hidup yang dipelihara di keramba. Jenis anemone laut dihuni *P. kauderni* (hasil *swim survey*) adalah *Entacmea quadricolor* (Gambar 2), *Heteractis crista*, *H. magnifica*, *Stychodactyla gigantea*, *Macroactyla doreensis*, dan *Actinodendron* sp. (Gambar 3, genus ini tidak dikonsumsi oleh masyarakat). Publikasi mengenai perbenihan spesies tersebut tidak ditemukan, namun pembiakan *H. magnifica* dengan metode aseksual pernah diujicoba di *Marine Station* Universitas Hasanuddin.

Dua jenis dari Genus *Diadema* teramati sebagai mikrohabitat *P. kauderni*, yaitu *Diadema setosum* dan *D. savignyi* (Gambar 4). Data kualitatif mengenai kondisi dan perubahan dalam populasi *P. kauderni* dan mikrohabitat Genus *Diadema* (Tabel 4) menunjukkan bahwa dimana populasi *Diadema* sp. telah menurun tajam, populasi *P. kauderni* juga sangat berkurang, termasuk lokasi ada penangkapan (Bone Baru, Tolokibit)

maupun tanpa penangkapan (Liang) sebagai ikan hias. Selain tangkap lebih terhadap *Diadema* sp. dan anemone laut, kegiatan perikanan bersifat destruktif, khususnya pengambilan avertebrata dengan cara yang merusak terumbu karang, semakin lazim, termasuk di Daerah Perlindungan Laut (DPL) Bone Baru.

Perubahan ekosistem lain teramati pada *swim survey* adalah peningkatan kelimpahan dan penyebaran alga, terutama pada karang mati namun kadangkala pada karang yang masih hidup. Peran herbivora penting untuk mengontrol pertumbuhan alga yang dapat memperparah dampak *bleaching* ataupun menghindari pemulihan, termasuk rekrutmen planula maupun pertumbuhan dan sintasan koloni karang (Jompa and McCook, 2002; Hughes dkk., 2007). Penelitian di Karibia menunjukkan bahwa *Diadema* sp. dapat memainkan peran kunci dalam keseimbangan ekologis dan resilience ekosistem terumbu karang (Carpenter and Edmunds, 2006; Mumby dkk., 2006). Dengan demikian, disamping konteks pelestarian *P. kauderni*, pencegahan ekstirpasi serta pemulihan populasi *Diadema* sp. di Kepulauan Banggai dinilai pula sebagai prioritas dalam rangka mitigasi dampak perubahan iklim, mitigasi dampak perubahan iklim, khususnya pemutihan karang.



Gambar 4. *P. kauderni* dengan *Diadema savignyi* (kiri) dan *D. setosum* (kanan) di Bone Baru

Tabel 4. Hasil swim-survey - status populasi *P. kauderni* dan mikrohabitat *Diadema* sp.

StasiunSurvey	Populasi <i>P. Kauderni</i>	Populasi <i>Diadema</i> sp.
1 Bone Baru	Penurunan dari ribuan individu dari semua umur/ukuran (2004-2014) hingga sejumlah kecil kelompok (1-10 individu) pada beberapa bulubabi dan anemon laut yang masih tersisa	Penurunan dari kelimpahan sangat tinggi (riibu-ribuan) yang umumnya dewasa hingga ratusan yang tersebar secara jarang dalam kelompok kecil, mayoritas berukuran kecil/juvenil
2 Tolokibit		
3 Kapela	Populasi meningkat sejak tahun 2011, kelimpahan tertinggi 2016	Kelimpahan dan ukuran relatif sama dengan tahun 2011
4 Pompon	Bukan habitat <i>P. kauderni</i>	Jarang, umumnya berukuran kecil, diduga masih juvenil
5 Mbuang-Mbuang	(stasiun survey terbuka pada cuaca)	
6 Liang	Penurunan tajam dari ribuan pada tahun 2004 hingga < 100, pada mikrohabitat yang tersisa	Penurunan dari jutaan pada tahun 2004 hingga ratusan, hampir semuanya kecil/masih juvenil
7 Bakalan	Dugaan populasi introduksi Kelimpahan: urutan ke-2 (setelah Kapela)	Penurunan kelimpahan sejak 2013, peningkatan proporsi juvenil, masih ribuan individu

Intervensi yang dapat diterapkan dengan relatif muda dan cepat adalah pengendalian tangkap lebih melalui regulasi. Sedangkan walaupun budidaya serta *re-stocking* *D. antillarum* di Laut Karibia telah berhasil pada skala eksperimental (Moe, data belum dipublikasi), belum ditemukan informasi

mengenai perbenihan jenis-jenis *Diadema* sp. di Indopasifik, khususnya *D. setosum* dan *D. savignyi*.

4. Kesimpulan

Keberadaan (status) mikrohabitat atau sion utamanya *P. kauderni*

semakin menurun. Penyebab utama turunan tajam dalam populasi *Diadema sp.* dan anemone laut adalah peningkatan intensitas pemanfaatan. Sedangkan pada zaman *Anthropocene* ini, gejala perubahan iklim telah nyata di Kepulauan Banggai dan sekitarnya, khususnya pemutihan karang (*coral bleaching*) yang mengancam ekosistem habitat *P. kauderni* maupun mikrohabitat karang keras. Sepuluh tahun setelah penyusunan Rencana Aksi Nasional Banggai Cardinalfish (RAN-BCF) pasca CoP CITES ke-14 pada bulan Agustus tahun 2007, kondisi populasi ikan hias endemik *P. kauderni* maupun mikrohabitatnya memprihatinkan dan memerlukan perhatian serius.

Perlindungan dan pemulihan mikrohabitat dipandang sebagai upaya (aksi) mutlak yang mendesak dilakukan untuk keberhasilan pelestarian (pemulihan) populasi *P. kauderni*. Selain penyusunan dan penerapan instrumen kebijakan (diantaranya pengendalian pemanfaatan mikrohabitat *P. kauderni*, terutama bulubabi *Diadema sp.*), dinilai penting untuk melaksanakan penelitian lanjutan, secara *in-situ* maupun *ex-situ*. Antara lain, dianjurkan riset terhadap konektivitas, khususnya bulubabi dari genus *Diadema*, serta pengembangan budidaya dan *re-stocking* mikrohabitat berupa bulubabi (*Diadema sp.*) maupun anemon laut. Disarankan pula kajian terhadap dampak perubahan iklim di Kepulauan Banggai, khususnya terhadap *P. kauderni* dan mikrohabitat utamanya, termasuk peluang mitigasi dan adaptasi. Hasil penelitian ini diharapkan sebagai salah satu dasar ilmiah perencanaan dan penerapan pengelolaan lestari populasi ikan hias endemik *P. kauderni* beserta habitat dan mikrohabitatnya, suatu upaya yang sangat membutuhkan partisipasi aktif segenap pemangku kepentingan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada seluruh instansi dan individu yang telah memberi dukungan materil maupun sumbangan tenaga dan pemikiran, dan secara khusus pada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI, Konsorsium Mitra Bahari Regional Center (RC) Sulawesi Tengah, Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Tengah; Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Banggai Laut; Satker Stasiun Karantina Ikan Luwuk di Banggai; Learning Centre Ecosystems Approach to Fisheries Management Sekolah Tinggi Perikanan dan Kelautan (LC-EAFM STPL); tokoh dan anggota masyarakat Kepulauan Banggai, termasuk secara khusus Pak Takbir, Kelompok Kalli di Bone Baru, Pak Kasmat, dan SMK Kelautan Liang.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, G.R, Donaldson, T.J. 2007. *Pterapogon kauderni*. The IUCN Red List of Threatened Species 2007. (accessed 21/11/16) <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2007.RLTS.T63572A12692964.en>
- Barnosky, A.D. 2014. Palaeontological evidence for defining the Anthropocene. In: Waters, C.N., Zalasiewicz, J.A., Williams, M., Ellis, M.A., Snelling, A.M. Eds. 2014. A Stratigraphical Basis for the Anthropocene. Geological Society, London, Special Publications 395, 149-165
- Carpenter, R.C., Edmunds, P.J. 2006. Local and regional scale recovery of *Diadema* promotes recruitment of scleractinian corals. Ecology Letters 9(3), 268-277

- CoralWatch. 2011. Do It Yourself Kit: Information leaflet, Coral Health Chart and CoralWatch Datasheet. CoralWatch, Brisbane. 5 pp.
- Crutzen P.J. 2002. Geology of Mankind: The Anthropocene. *Nature* 415, 23
- Dirzo, R., Young, H.S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N.J.B., Collen, B. 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345, 401-406
- Ellis, E.C. 2011. Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A* 369, 1010-1035
- English, S., Wilkinson, C., Baker, V. 1997. Survey Manual for Tropical Marine Resources. 2nd Edition, Australian Institute of Marine Sciences, Townsville. 390 pp.
- Hill, J., Wilkinson, C. 2004. Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs, Australian Institute of Marine Science, Townsville. 123 pp. <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2004-023.pdf> (accessed 23/11/16)
- Hughes, T.P., Kerry, J.T., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J.G., Anderson, K.D., [...], Wilson, S.K. 2017. Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature* 543, 373-385
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva. 151 pp.
- Jackson, J.B.C. 2008. Ecological extinction and evolution in the brave new ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(S1), 11458-11465
- Jompa, J., McCook, L.J. 2002. Effects of competition and herbivory on interactions between a hard coral and a brown alga. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 47(2), 527-534
- Kelley R. 2011. Indo-Pacific Coral Finder 2.0. The Australian Coral reef Society. EYO Guides, Australia. Tersedia dari <http://www.coralhub>. 34 pp.
- 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, 521-527
- Loya, Y., Sakai, K., Yamazato, K., Nakano, Y., Sambali, H., Van Woesik, R. 2001. Coral bleaching: the winners and the losers. *Ecology letters*, 42, 122-131
- Moore, A., Ndobe, S., Zamrud, M. 2011. Monitoring the Banggai Cardinalfish, an Endangered Restricted Range Endemic Species. *Journal of Indonesian Coral Reefs* 12, 99-113
- 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*. http://www.icrs2012.com/proceedings/manuscripts/ICRS2012_13C_1.pdf, (accessed 01/03/17)
- Mumby, P.J., Hedley, J.D., Zychaluk, K., Harborne, A.R., Blackwell, P.G. 2006. Revisiting the catastrophic die-off of the urchin *Diadema antillarum* on Caribbean coral reefs: Fresh insights on resilience from a simulation model. *Ecological Modeling* 196, 131-149
- 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*; 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* 4(2), 115-126
- Ndobe, S. Widiastuti, I., Moore, A. 2013c. *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)
- NOAA. 2011. NOAA Coral Reef Watch Methodology, Product Description, and Data Availability of NOAA Coral Reef Watch CRW Operational and Experimental Satellite Coral Bleaching Monitoring Products. <http://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/methodology/methodology.php> (accessed 01/12/16)
- Steffen, W., Broadgate, W, Deutsch, L., Gaffney, O., Ludwig, C. 2015. The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review* 2015, 1–18
- 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
- Vagelli, A.A. 2011. *The Banggai Cardinalfish: Natural History, Conservation, and Culture of Pterapogon kauderni*. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester. 219 pp.
- Yusuf, S., Jompa. J. 2012. First Quantitative Assessment of Coral Bleaching on Sulawesi-Indonesian Reefs. *Proceedings 12th International Coral Reef Symposium, Cairns, Australia, 9-13 July 2012*. http://www.icrs2012.com/proceedings/manuscripts/ICRS2012_17D_6.pdf (accessed 27/01/17)