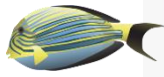




LAPORAN STATUS DN TREN EKOLOGI KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN DAERAH KEPULAUAN FAM TAHUN 2019



Tutupan karang



Ikan fungsional



Ikan target



DI SUSUN OLEH

**Purwanto, Dariani Matualage, Irman Rumengan, Habema Y Monim, Awaludinnoer,
Ronald Mambrasar, Nugraha Maulana, Elvis Mambraku, Aser Burdam, Mulyadi, La Hamid,
Daud Orisu**



**CONSERVATION
INTERNATIONAL**



SARAN SITASI

Purwanto, Dariani Matualage, Irman Rumengan, Habema Y. Monim, Awaludinnoer, Ronald Mambrasar, Nugraha Maulana, Elvis Mambraku, Aser Burdam, Mulyadi, La Hamid, Daud Orisu. 2019. *Laporan Status dan Tren Ekologi Kawasan Konservasi Perairan Daerah Kepulauan Fam Tahun 2019*. Universitas Papua, The Nature Conservancy, Conservation International, Unit Pelaksana Teknis KKP Raja Ampat, Balai Besar Taman Nasional Teluk Cenderawasih. Manokwari, Sorong, Raja Ampat, Indonesia.

Foto Sampul: ©Ronald Mambrasar-Conservation International
Tata Letak Peta: Irman Rumengan-Universitas Papua

LAPORAN STATUS DAN TREN EKOLOGI KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN DAERAH KEPULAUAN FAM TAHUN 2019

PENDAHULUAN

Kepulauan Raja Ampat meliputi 4 juta hektar laut dan daratan yang terletak di Papua Barat, Indonesia, tepat di jantung Segitiga Karang. Kepulauan Raja Ampat adalah bagian dari Bentang Laut Kepala Burung, yang memiliki keanekaragaman hayati terumbu karang terbesar di dunia (Veron dkk. 2009, Allen dan Erdman 2009, 2012, Mangubhai dkk. 2012). Kepulauan Raja Ampat merupakan prioritas global untuk konservasi kelautan. Survei telah menunjukkan bahwa perairan Raja Ampat adalah rumah bagi 574 spesies karang, atau 75% spesies karang keras yang dikenal di dunia, 699 spesies moluska, dan 1.437 spesies ikan (Donnelly dkk. 2002, Veron dkk. 2009, Allen and Erdman 2009, 2012).

Terumbu karang merupakan sumber daya alam yang sangat penting karena mendukung sumber daya perikanan, termasuk invertebrata yang penting bagi masyarakat seperti teripang dan lola. Masyarakat di Raja Ampat bergantung pada terumbu karang sebagai sumber makanan dan pendapatan melalui perikanan dan pariwisata (Larsen et al. 2011). Keberadaan terumbu karang dan perikanan di Indonesia, termasuk di Raja Ampat, terancam oleh penggunaan alat tangkap ikan yang merusak seperti bom dan racun, dan penangkapan ikan berlebihan (Ainsworth dkk. 2008, Varkey dkk. 2010, Burke et al. 2011). Peningkatan suhu permukaan air yang terkait dengan perubahan iklim juga merupakan ancaman bagi ekosistem terumbu karang (Hoegh-Guldberg et al. 2007).

Sebagai pengakuan atas nilai-nilai konservasi dan pentingnya terumbu karang untuk mendukung mata pencaharian penduduk setempat, tujuh jaringan kawasan konservasi perairan (KKP) yang mencakup lebih dari 1 juta ha didirikan di Raja Ampat. Lima dari tujuh KKP dideklarasikan pada tahun 2007 oleh Keputusan Bupati Raja Ampat (No. 66/2007), dan diformalkan oleh Peraturan Kabupaten (No. 27/2008), dan selanjutnya disebut sebagai KKP Kabupaten. Pada tahun 2009, Bupati Raja Ampat mengeluarkan Peraturan Kabupaten yang kedua (No. 5/2009) untuk menjadi dasar bagi pengelolaan jaringan KKP Raja Ampat. Kementerian Kelautan dan Perikanan mendukung penyusunan dan pengelolaan rencana kawasan MPA Raja Ampat yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Nomor 36 / KEPMEN-KP / 2014. Tujuan utama pembentukan jejaring KKP adalah untuk melestarikan habitat ikan, fungsi reproduksi dan stok serta memastikan perikanan yang berkelanjutan dan penggunaan sumber daya laut lainnya.

Melihat dan terinspirasi keberhasilan pengelolaan kawasan konservasi lain yang berhasil melindungi sumber daya perikanan dan meningkatkan pariwisata, masyarakat di Raja Ampat yang wilayahnya belum masuk ke dalam kawasan konservasi seperti di Kepulauan Fam, Misool Utara dan Waigeo Utara melakukan inisiasi pembentukan Kawasan konservasi. Pada tanggal 16 Februari 2017 masyarakat adat di Kepulauan Fam mendeklarasikan wilayah perairan Kepulauan Fam yang meliputi perairan di sekitar Kepulauan Fam, Kepulauan Pianemu dan Kepulauan Bambu sebagai kawasan yang dikelola oleh masyarakat dan pemerintah untuk melindungi sumber daya perairan tersebut. Kemudian Gubernur Papua

Barat melalui Keputusan Nomor 523/195/10/2017 mencadangkan sebagai Kawasan Konservasi Perairan Kepulauan Fam seluas 360.000 hektar yang dikelola sebagai Taman Wisata Perairan.

Taman Wisata Perairan Kepulauan Fam, yang selanjutnya dalam laporan ini disebut KKP Kepulauan Fam, menjadi salah satu dari KKP yang masuk dalam jejaring KKP di Raja Ampat. Menurut aturan KKP memungkinkan berbagai pemanfaatan yang diatur pengelolaannya dengan rencana pengelolaan dan rencana zonasi. Saat ini KKP Kepulauan Fam sedang menyusun rencana pengelolaan dan rencana zonasi. Zonasi yang disepakati di KKP Kepulauan Fam termasuk 100.260 ha (3,59%) Zona Larang Tangkap (No Take Zone- NTZ) yang terletak di Kepulauan Pianemu dan sekitarnya. Rencana zonasi mengintegrasikan pengetahuan dan praktik tradisional (termasuk sasi) dan informasi ilmiah untuk secara bersamaan menangani masalah perikanan, perubahan iklim, dan keanekaragaman hayati.

Monitoring kesehatan terumbu karang dilakukan untuk mengumpulkan data terkini kesehatan terumbu karang yang digunakan untuk mendukung pengembangan rencana pengelolaan dan zonasi. Ketika dilakukan berulang dari waktu ke waktu, data monitoring dapat digunakan untuk menilai efektivitas zonasi pengelolaan serta memberikan informasi untuk pengelolaan yang adaptif. Data monitoring di Kepulauan Fam sebelum ditetapkan sebagai Kawasan Konservasi termasuk sebagai data lokasi kontrol, tetapi sejak dicadangkan sebagai Kawasan Konservasi dan zonasi disetujui, Kepulauan Fam menjadi KKP tersendiri. Oleh karena itu data monitoring kesehatan karang di Kepulauan Fam dikelompokkan menjadi data awal Tahun 2015-2016, data kedua Tahun 2016-2017 dan data terbaru Tahun 2019.

Metode monitoring menggunakan protokol yang dikembangkan oleh Green dan Wilson (2009) dan dimodifikasi oleh Ahmadi et.al. (2012). Jumlah titik (sites) yang dimonitor setiap tahun bervariasi dari 20 - 30 titik tergantung pada berbagai faktor dan tujuan. Dalam laporan ini dipilih data dari 24 titik monitoring yang terdiri dari 13 titik di Zona Larang Tangkap dan 11 titik di Zona Pemanfaatan yang secara konsisten diambil datanya pada saat monitoring pertama, kedua dan yang terbaru pada Tahun 2019.

RINGKASAN HASIL MONITORING TAHUN 2019

Secara umum, hasil monitoring kesehatan karang Tahun 2019 menunjukkan bahwa terumbu karang dalam kondisi yang sehat dengan indikasi tidak ditemukan karang mati yang baru akibat bom ikan dan pemutihan karang masal (*coral bleaching*), serta adanya penyakit karang yang relatif kecil (kurang dari 1%).

Berbeda dengan terumbu karang di sekitar Kepulauan Pianemu yang lebih bervariasi, dominasi karang dengan pertumbuhan *foliose* atau bentuk lembaran ditemukan di lokasi monitoring sekitar Kepulauan Fam sedangkan di Kepulauan Bambu didominasi oleh karang bercabang (*branching*) dari jenis *Acropora*.

Kondisi komunitas ikan masih tergolong sehat, dengan indikasi rantai makanan dalam kondisi lengkap dan seimbang serta masih ditemukannya famili ikan dari golongan karnivora

yang bernilai ekonomi tinggi dan herbivora yang penting untuk ekologi yang berukuran bervariasi dari yang besar sampai kecil. Beberapa ikan ekonomis penting yang ditemukan dalam kelompok (*schooling*) seperti Ikan Napoleon (*Cheilinus undulatus*), Ikan Oci (*Caesionidae*) dan Ikan Kakatua Besar atau *Bumphead Parrotfish* (*Bolbometopon muricatum*).

Beberapa hal yang menjadi temuan negatif saat monitoring adalah ditemukan patahan karang (*rubble*) yang relatif luas walaupun diduga merupakan bekas bom lama di beberapa lokasi monitoring di Kepulauan Bambu dan sebagian lokasi monitoring di Kepulauan Pianemu. Penyakit karang, *filamentous alga* dan pertumbuhan *sponge* yang berkompetisi dengan terumbu karang juga ditemukan di beberapa titik monitoring. Makro alga dan *sponge* jenis *Haliclona* yang biasanya memiliki pertumbuhan yang cepat dan mengganggu pertumbuhan karang keras hidup juga ditemukan di beberapa lokasi monitoring.

Ikan Hiu Karang Sirip Hitam atau Blacktip Reef Shark (*Carcharhinus melanopterus*) dan Hiu Karang Sirip Putih atau Whitektip Reef Shark (*Triaenodon obesus*), Penyu Hijau (*Chelonia mydas*), Ikan Kerapu Rakasasa (*Epinephelus lanceolatus*) yang berukuran besar antara 1- 2 meter ditemukan di beberapa titik di Pulau Bambu, Ikan Pari Manta (*Manta birostris*) yang menarik untuk wisatawan juga banyak ditemukan di KKP Kepulauan Fam terutama Pulau yang dekat dengan Pos Pengawasan KKP Kepulauan Fam dan di Pulau Bambu. Disamping bentang alam pulau-pulau karst yang indah dilihat dari Puncak Painemu, terumbu karang yang berukuran besar, berwarna-warni, biota yang menarik wisatawan seperti kelinci laut atau *Nudibranch* juga ditemukan di beberapa titik monitoring seperti di Melisa's Garden, Galaxi dan Anisa garden sehingga Kawasan KKP Kepulauan Fam menjadi salah satu destinasi utama untuk wisata di Raja Ampat.

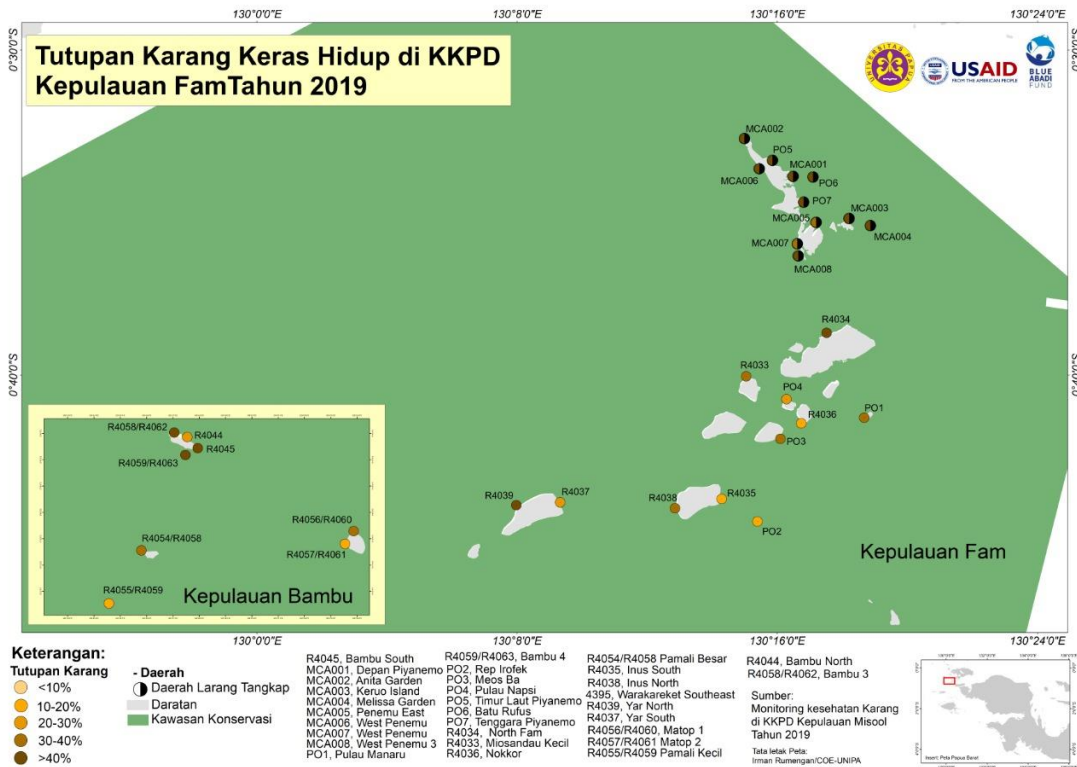


(a)

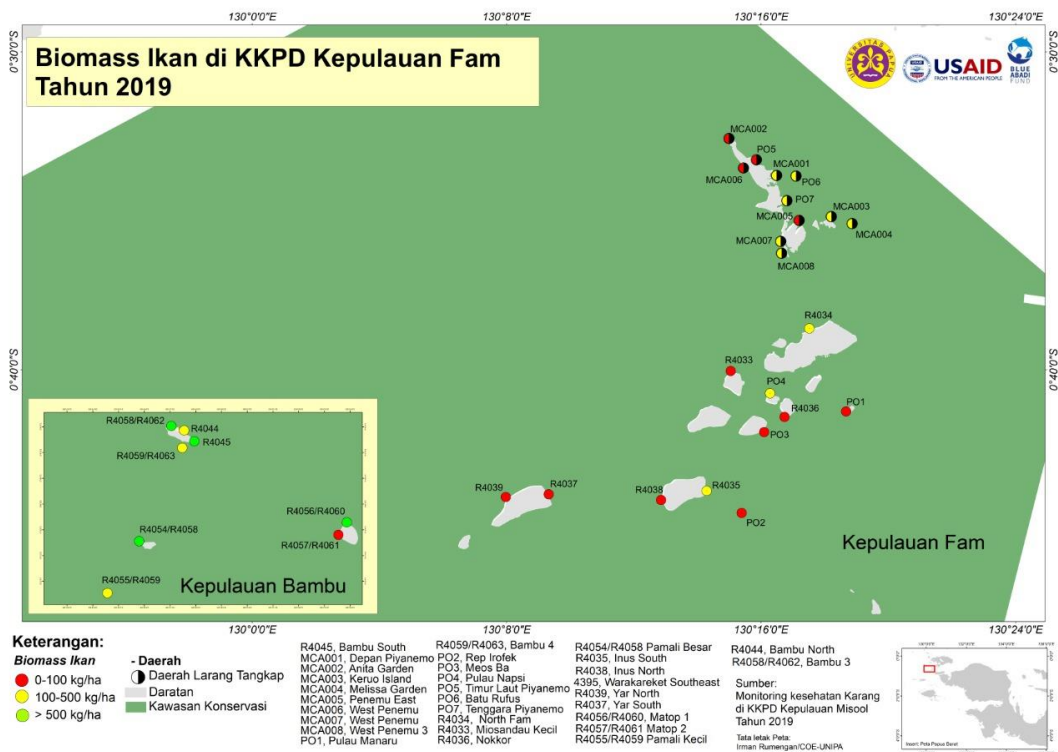


(b)

Gambar 1. Bentang alam pulau-pulau karst yang indah dari Puncak Pianemu (a) dan Ikan Pari Manta yang ditemukan di KKP Kepulauan Fam (b). (Foto: (a) Awaludinnoer-TNC, (b) Elvis Mambraku-UPTD KKP Raja Ampat)



Gambar 2. Peta tutupan karang keras hidup di KKPDM Kepulauan Fam hasil monitoring Tahun 2019.



Gambar 3. Peta biomasa ikan di KKPDM Kepulauan FAM hasil monitoring Tahun 2019.

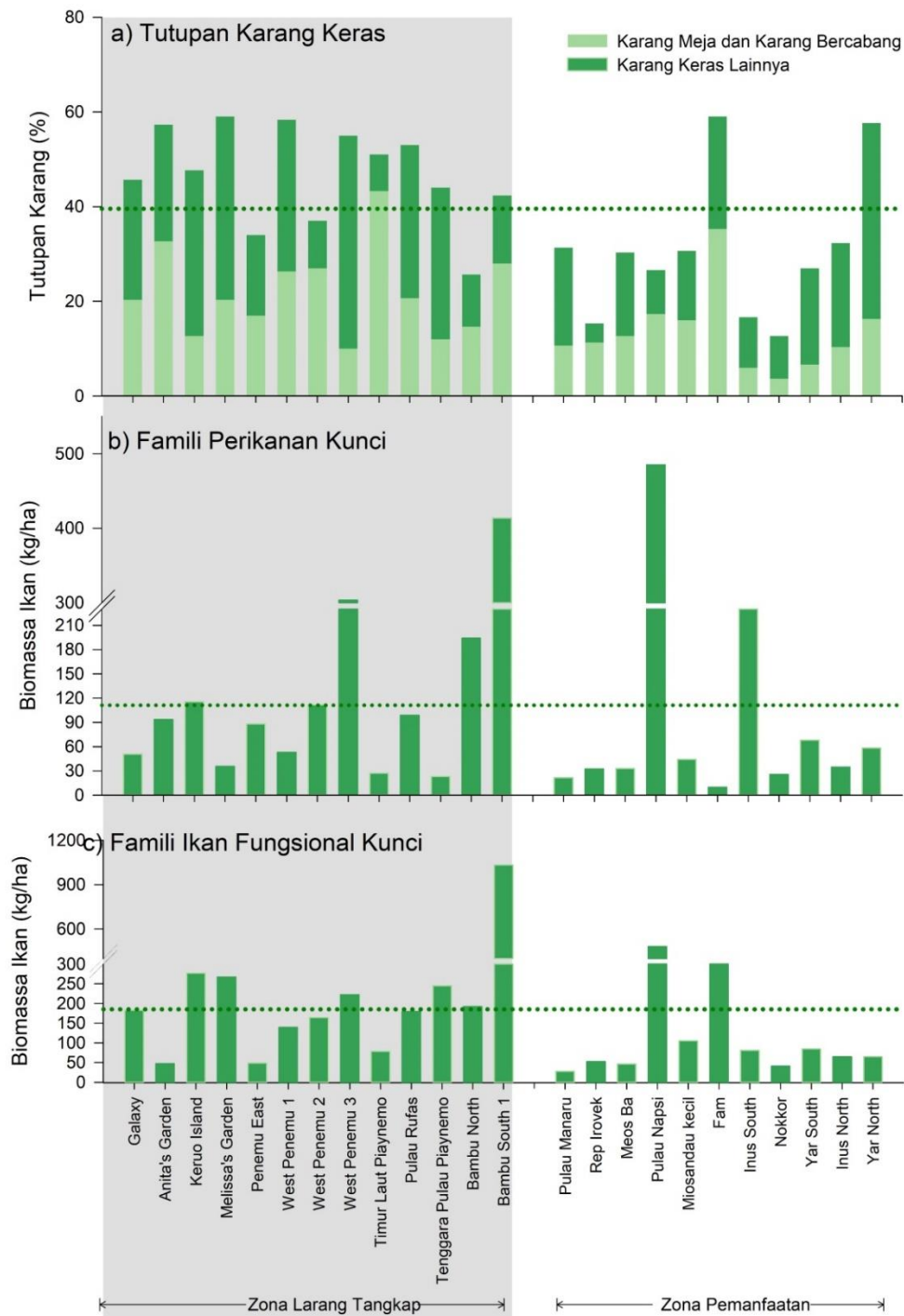
Tabel 2: Tutupan karang per kategori dan biomasa famili ikan kunci di KKPD Buruway Tahun 2019. Semua nilai merupakan nilai rata-rata \pm standard error.

Tutupan Karang (%)		Biomassa Ikan (kg / ha)	
<i>Hard Coral (HCL)</i>	39,6 \pm 3,0	<i>Ikan Fungsional Penting</i>	185,0 \pm 43,3
<i>Soft Coral</i>	9,1 \pm 1,1	<i>Acanthuridae</i>	76,2 \pm 24,2
<i>Bleached Coral</i>	0,01 \pm 0,01	<i>Scaridae</i>	72,9 \pm 14,2
<i>Rubble</i>	24,4 \pm 2,7	<i>Siganidae</i>	35,9 \pm 14,7
CCA	0,2 \pm 0,1	<i>Perikanan Kunci</i>	111,1 \pm 26,1
<i>Other Algae</i>	5,3 \pm 1,8	<i>Haemulidae</i>	12,2 \pm 5,8
		<i>Lutjanidae</i>	79,7 \pm 21,1
		<i>Serranidae</i>	19,2 \pm 2,7

Tutupan karang keras hidup (HCL) sebesar 39,6% (Tabel 2) tergolong relatif tinggi dan lebih tinggi jika dibandingkan dengan rata-rata tutupan karang hidup di KKP lain di Raja Ampat maupun di Bentang Laut Kepala Burung. Tutupan HCL tertinggi sebesar 59% berada di Melissa's Garden dan Fam serta terendah sebesar 12,7% berada di Nokkor. Terdapat 8 lokasi monitoring yang memiliki tutupan HCL lebih dari 50%, dan hanya 3 lokasi yang memiliki tutupan HCL kurang dari 20% (Gambar 4a). Rata-rata tutupan HCL hampir sama di Zona Larang Tangkap sedangkan fluktuatif di Zona Pemanfaatan.

Rata-rata biomassa Ikan karnivora yang secara ekonomi sangat penting karena merupakan target tangkapan masyarakat di KKP Kepulauan Fam sebesar 111,1 kg/ha. Rata-rata biomassa ikan sangat bervariasi antar lokasi monitoring dan antar zona. Di Zona Larang Tangkap nilai rata-rata biomassa ikan tertinggi di sites Bambu South 1 dengan biomassa ikan karnivora sebesar 413,7 kg/ha dan ikan herbivora sebesar 1.031,7 kg/ha dan terendah ikan karnivora di Tenggara Pulau Piayenemu sebesar 23,1 kg/ha sedangkan ikan herbivora di titik penyelaman Anita's Garden sebesar 46,8 kg/ha. Biomassa ikan herbivora dan karnivora tertinggi di Zona Pemanfaatan berada di titik penyelaman Pulau Napsi, yaitu sebesar 480 kg/ha untuk biomassa ikan herbivora dan 485,3 kg/ha untuk ikan karnivora (Gambar 4b dan 4c).

Secara umum, keadaan Ikan fungsional penting untuk ekologi (ikan herbivora) dan ikan penting secara ekonomi (ikan karnivora) masih tergolong sedang. Tetapi nilai rata-rata biomasnya relatif sama dengan rata-rata biomassa ikan di beberapa kawasan konservasi perairan lain Raja Ampat. Biomassa kelompok ikan kulit pasir atau famili Acanthuridae merupakan famili dengan biomasa tertinggi untuk kelompok ikan herbivora penting sedangkan ikan kakap atau famili Lutjanidae yang tertinggi untuk kelompok ikan karnivora yang penting secara ekonomi bagi masyarakat.



Gambar 4. Rata-rata persentase tutupan karang (a), biomassa famili Ikan Kunci/target (b) dan biomassa famili ikan fungsional (c), di masing-masing lokasi di KKP Kepulauan Fam. Daerah yang diarsir adalah lokasi Zona larang tangkap. Kotak garis menunjukkan rata-rata untuk setiap indikator di semua lokasi monitoring.

Tutupan Karang

Jika dibandingkan dengan rata-rata tutupan karang untuk masing-masing indikator di kawasan konservasi Bentang Laut Kepala Burung, rata-rata tutupan HCL di KKP Kepulauan Fam tahun 2019 sebesar 39,6% relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan rata-rata

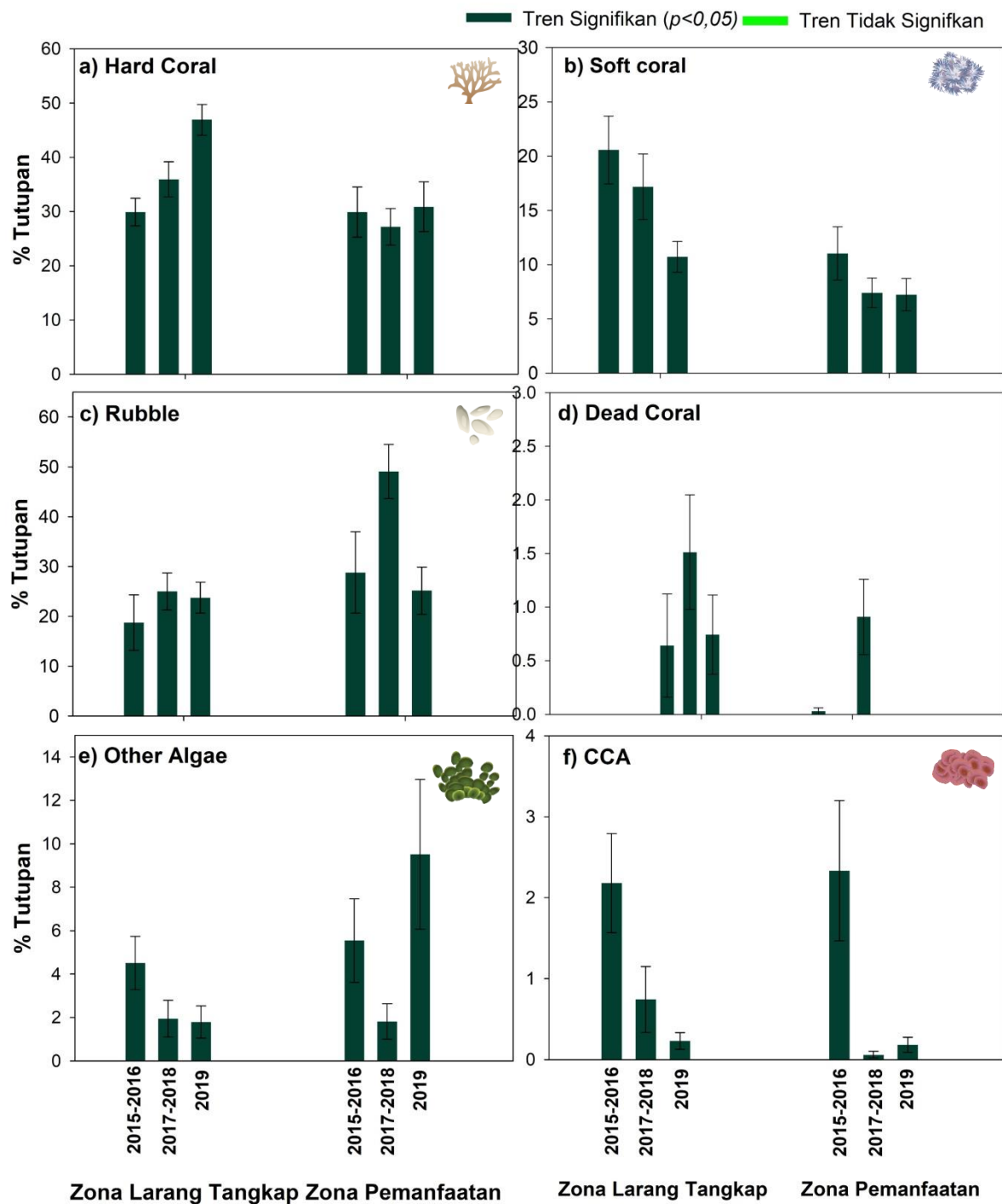
tutupan HCL di KKP di seluruh wilayah Kepala Burung Papua yang sebesar 35,1% pada Tahun 2017-2018. Tutupan HCL mengalami peningkatan yang signifikan antar tahun monitoring ($P=0,019$; Lampiran 2), terutama pada Zona Larang Tangkap (Gambar 6a). Peningkatan tutupan HCL di Zona Larang Tangkap tidak terjadi pada Zona Pemanfaatan yang cenderung stabil.

Rata-rata persentase tutupan karang lunak (*Soft Coral*) mengalami penurunan secara signifikan ($P=0,014$; Lampiran 2) di Zona Larang Tangkat dan relatif stabil di Zona Pemanfaatan (Gambar 6b). Persentase tutupan patahan karang (*Rubble*) berbeda signifikan dan relatif fluktuatif antar tahun pengamatan ($P=0,013$; Lampiran 2) maupun antar zona ($P=0,009$; Lampiran 2) (Gambar 6c). Rata-rata persentase tutupan karang mati (*Dead Coral*) secara umum relatif rendah ($> 5\%$) tetapi cukup fluktuatif dan berbeda secara signifikan antar tahun monitoring ($0,037$; Lampiran 2) (Gambar 6d).

Rata-rata persentase tutupan dan alga lain (*Other Algae*) dan *Crustose Coralline Algae* (CCA) di KKP Kepulauan Fam mengalami penurunan secara signifikan antar tahun monitoring dan bervariasi antar zona. Di Zona Pemanfaatan tutupan alga relatif fluktuatif antar tahun monitoring sedangkan tutupan CCA menurun secara signifikan. (Gambar 6e dan 6f).



Gambar 5. Terumbu karang yang yang sehat yang ditemukan di wilayah Pulau Bambu pada monitoring Tahun 2019. (Foto: Ronald Mambrasar-Conservation International)



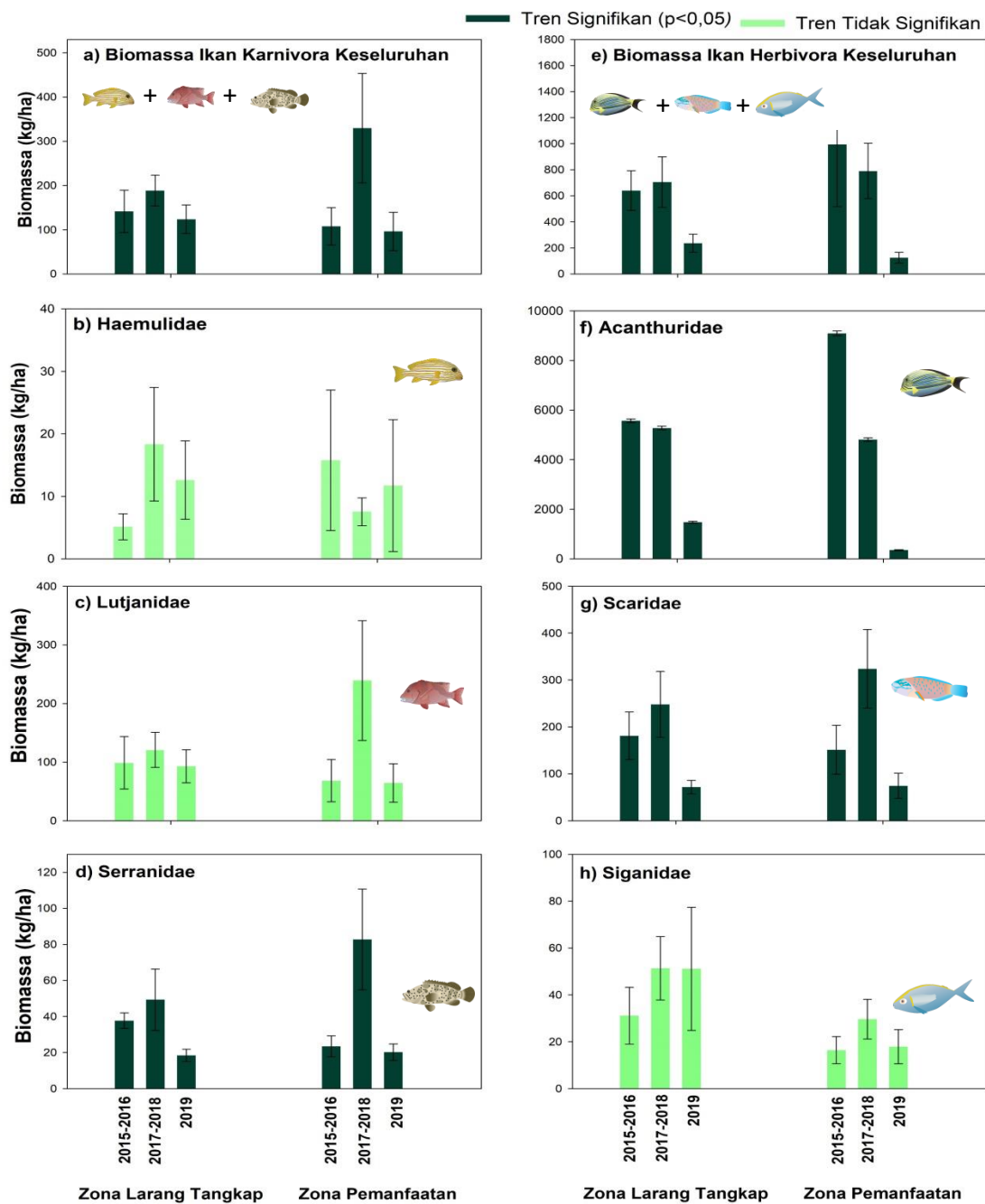
Gambar 6. Rata-rata (\pm Simpangan Error) persentase tutupan karang setelah monitoring kelima pada KKP Kepulauan Fam. Hard Coral (a) termasuk semua bentuk karang keras hidup; Soft Coral (b) termasuk octocorals seperti gorgonians dan sea whips; Rubble (c) termasuk karang mati yang tidak melekat; Dead Coral (d) termasuk karang yang baru mati, tidak termasuk turf algae atau CCA; Other Algae (e) termasuk semua turf and macroalgae selain Crustose Coralline Algae; dan CCA (f) termasuk semua Crustose Coralline Algae. Lihat Lampiran untuk uji statistiknya

Biomasa Ikan

Secara umum, rata-rata biomassa ikan Rata-rata biomassa ikan karnivora dan herbivora di KKP Kepulauan Fam relatif fluktuatif dan berbeda signifikan antar tahun monitoring. Biomassa ikan karnivora di Zona Larang Tangkap relatif stabil jika dibandingkan di Zona Pemanfaatan yang cenderung fluktuatif antar tahun monitoring (Gambar 7a dan 7b).

Ikan karnivora penting meliputi 3 famili yaitu ikan bibir manis atau Haemulidae, ikan kakap atau Lutjanidae dan ikan kerapu atau Serranidae. Ikan Haemulidae dan Lutjanidae menunjukkan pola yang sama yaitu bervariasi dan fluktuatif tetapi tidak berbeda secara signifikan (untuk alfa 0,05) antar tahun monitoring dan antar zona di KKP Kepulauan Fam. Sedangkan Ikan Serranidae berbeda secara signifikan antar tahun monitoring ($P=0,014$; Lampiran 3) tetapi tidak signifikan antar zona ($P=0,607$; Lampiran 3) (Gambar 7b, 7c dan 7d).

Ikan herbivora yang mempunyai peran penting bagi ekologi, terdiri dari 3 famili yaitu Ikan Pisau/Kulit Pasir atau Acanthuridae, Ikan Baronang/Samandar atau Siganidae dan Ikan Kakatua atau Scaridae. Rata-rata biomassa ikan herbivora di KKP Kepulauan Fam pada Tahun 2019 sebesar 185 kg/ha. Biomassa ikan herbivora mengalami penurunan, terutama famili ikan Acanthuridae dan Scaridae yang mengalami penurunan secara signifikan antar tahun monitoring, Sedangkan famili Ikan Siganidae cenderung stabil antar tahun tetapi berbeda signifikan antar zona (biomassanya meningkat di Zona Larang Tangkap dan stabil di Zona Pemanfaatan) (Gambar 7f, 7g dan 7h).



Gambar 7. Rata-rata (\pm SE) biomassa famili ikan kunci pada Zona Larang Tangkap dan Zona tangkap setelah empat monitoring pada KKPD Kepulauan Fam. Jumlah dari (a) Tiga famili ikan kunci, (b) Serranidae, (c) Lutjanidae, dan (d) Haemulidae. Panel kiri: (e) jumlah dari tiga famili ikan fungsional, (f) Acanthuridae, (g) Scaridae, dan (h) Siganidae. Lihat lampiran untuk uji Statistiknya.

REKOMENDASI PENGELOLAAN

Walaupun masih dalam persentase yang kecil tetapi adanya *overgrowth* alga, penyakit karang dan dominasi *rubble* di beberapa lokasi monitoring di KKPD Kepulauan Fam serta rusaknya terumbu karang akibat bom ikan di Kepulauan Bambu merupakan indikasi adanya tekanan aktifitas manusia. Alga diketahui merupakan biota yang dapat cepat tumbuh pada

kondisi substrat *rubble* setelah suatu lokasi terjadi kerusakan karang (Ammar M, 2005; Miller, 1988). Di beberapa lokasi terjadi kompetisi pertumbuhan karang keras dengan alga, karang lunak dan *sponge* (McCook et.al., 2001). Pertumbuhan berlebihan alga dapat dipicu oleh adanya *nutrient* berlebihan (Birkeland C, 1982) yang dapat berasal dari rumah tangga atau polusi lainnya. Di perairan yang ideal bagi terumbu karang biasanya pertumbuhan karang keras lebih cepat dibandingkan dengan pertumbuhan alga dan karang lunak. Secara umum diketahui karang keras mempunyai nilai ekologi yang lebih baik daripada karang lunak dan alga karena karang keras dapat membentuk terumbu yang penting bagi perikanan (Stanley DG, 2015).

Pada saat monitoring di Pulau Pianemu, tim monitoring menemukan banyaknya kapal wisata yang berlabuh tanpa menggunakan pelampung tambat di dekat pintu masuk Puncak Pianemu. Tim monitoring juga melihat banyak masyarakat yang menjual biota laut yang dilindungi seperti Kima dan Kepiting Kenari. Hal ini merupakan indikasi tingkat pengetahuan atau kesadaran masyarakat yang masih rendah.

Berdasar hasil monitoring tersebut rekomendasi bagi pengelola adalah sebagai berikut

1. Meningkatkan aktifitas patroli pengawasan sehingga dapat mengelola dan memastikan aktifitas manusia baik nelayan maupun wisatawan tidak memberikan dampak negative bagi kesehatan terumbu karang dan perikanan di KKP Kepulauan Fam.
2. Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang kawasan konservasi perairan dan biota laut yang dilindungi serta fungsi ekologinya serta untuk mendukung perikanan dan keberlangsungan sumber daya di KKP Kepulauan Fam.
3. Meningkatkan kesadaran masyarakat untuk tidak membuang sampah, baik sampah rumah tangga berbentuk padat maupun cairan yang dapat mengakibatkan pencemaran.
4. Membuat pelampung tambat kapal di lokasi konsentrasi wisatawan, sehingga kapal wisata tidak berlabuh menggunakan jangkar yang dapat mengakibatkan kerusakan terumbu karang.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadia GN, Wilson JR, and Green AL, 2012. Coral Reef Monitoring Protocol for Assessing Marine Protected Areas in the Coral Triangle. Coral Triangle Support Partnership.
- Ainsworth CH, Pitcher TJ, and Rotinsulu C. 2008. Evidence of fishery depletions and shifting cognitive baselines in Eastern Indonesia. *Biological Conservation* 141: 848–859.
- Allen GR, and Erdmann MV. 2009. Reef fishes of the Bird's Head Peninsula, West Papua, Indonesia. *Check List* 5:587-628.
- Allen GR, and Erdmann MV. 2012. Reef Fishes of the East Indies. Volumes I–III. Tropical Reef Research, Perth.
- Ammar MSA. 2005. An Alarming Threat to the Red Organ Pipe Coral *Tubipora musica* and suggested solutions. *Ecological Research* 20:529-535.
- Birkeland, C. 1982. Terrestrial runoff as a cause of outbreaks of *Acanthaster plancii* (Echinodermata: Asteroidea). *Marine Biology*. Berlin, Heidelberg 69(2): 175-185.
- Burke, L., Reyntar, K., and Spalding, M., & Perry, A. 2011. Reefs at risk revisited^[L]_[SEP]
- Donnelly R, Neville D, and Mous PJ (eds). 2003. Report on a rapid ecological assessment of the Raja Ampat Islands, Papua, Eastern Indonesia, held October 30–November 22, 2002.
- Green AL., and Wilson JR. 2009. Biological monitoring methods for assessing coral reef health and management effectiveness of Marine Protected Areas in Indonesia. Version 1.0. TNC Indonesia Marine Program Report 1/09. 44 pp.
- Hoegh-Guldberg O, Mumby PJ, Hooten AJ, Steneck RS, Greenfield P, Gomez E, Harvell CD, Sale PF, Edwards AJ, Caldeira K, Knowlton N, Eakin CM, Iglesias-Prieto R, Muthiga N, Bradbury RH, Dubi A, and Hatziolos ME. 2007. Coral Reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318:1737–1742.
- Mangubhai S, Erdmann MV, Wilson JR, Huffard CL, Ballamu F, Hidayat NI, Hitipeuw C, Lazuardi ME, Muhajir, Pada D, Purba G, Rotinsulu C, Rumetna L, Sumolang K, and Wen W. 2012. Papua Bird's Head Seascape: Emerging threats and challenges in the global center of marine biodiversity. *Marine Pollution Bulletin*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.07.024>.
- Mc Cook L, Jompa J. Diaz-Pulido G. 2001. Competition between Corals and Algae on Coral

Reefs: a Review of Evidence and Mechanisms. *Coral Reef* 19:400-417.

Miller, J. W. (ed.). 1988. Results of a Workshop on Coral Reef Research and Management in the Florida Keys: A Blueprint for Action, National Undersea Research Program Research Report 88-5, 49 pp.

Stanley DG. 2015. Early History of Scleractinian Coral and Its Geological Consequences. Department of Paleobiology, US National Museum of Natural History. Washington DC. 20560.

Varkey DA, Ainsworth, CH, Pitcher TJ, Goram Y, and Sumaila R. 2010. Illegal, unreported and unregulated fisheries catch in Raja Ampat Regency, Eastern Indonesia. *Marine Policy*. 34: 228–236.

Veron JEN, DeVantier LM, Turak E, Green AL, Kininmonth S, Stafford-Smith SM, and Peterson N. 2009. Delineating the Coral Triangle. *Galaxea*. 11: 91–100.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Indikator Ekologi

Dalam laporan ini, kami menyajikan data karang dan ikan yang telah dirangkum menjadi beberapa indikator kunci yang dipilih untuk menggambarkan tujuan pengelolaan, menginformasikan pembuat kebijakan, dan berguna sebagai indikator kesehatan ekosistem secara keseluruhan. Indikator-indikator ini sejalan dengan indikator yang digunakan dalam Penilaian Pengelolaan KKP di Indonesia, termasuk kondisi terumbu karang dan populasi spesies ikan fungsional (herbivore) dan spesies ikan kunci atau target tangkapan nelayan. Kriteria lain termasuk memilih spesies dari berbagai tingkat trofik, kelompok fungsional, riwayat hidup dan wilayah jelajah. Dengan beberapa pertimbangan tersebut, kami menyajikan data ringkasan indikator sebagai berikut:

	Indikator	Definisi	Penjelasan
Kelompok Karang / Kategori PIT	<i>Hard Coral</i> /Karang Keras	Semua taksa karang scleractinian serta taksa dengan kerangka kalsium karbonat (<i>Heliopora</i> , <i>Millepora</i> , <i>Tubipora</i>)	Hard coral adalah dinding pelindung terumbu karang, yang berkontribusi pada biodiversitas, pertumbuhan terumbu karang secara umum dan habitat ikan
	<i>Soft Coral</i> /Karang Lunak	Semua karang lunak	Karang lunak berkontribusi pada biodiversitas dan nilai keindahan terumbu karang.
	<i>Dead Coral</i> /Karang Mati	Tidak ada jaringan karang dan alga biofilm yang tipis, namun kerangka karang masih terlihat	Karang mati yang belum ditumbuhi alga adalah kematian karang yang belum lama terjadi atau alganya yang dimakan oleh ikan-ikan herbivora.
	<i>Rubble</i> /Patahan Karang	Sebagian besar bagian karang mati telah terlepas dari koloni karang	Patahan karang berasal dari kerusakan fisik terumbu karang, misalnya akibat badai besar, jangkar kapal, atau bom ikan.
	<i>Other Algae</i> /Alga lainnya	Turf algae, <i>Halimeda</i> , dan semua spesies lainnya dari magroalga	Alga bersaing dengan karang untuk ruang pada terumbu karang, menyediakan makanan untuk herbivora, dan mengurangi secara lokal
	<i>Crustose Coralline Algae</i> , CCA	Hanya CCA: Keras kalsifikasi, berwarna merah muda yang menutupi karang	CCA menyediakan tempat bagi bayi karang untuk bermukim dan menyatu, menambah pertumbuhan dan stabilitas karang secara keseluruhan.
Famili Kelompok Ikan	Famili Perikanan Kunci/Karnivora	Jumlah dari famili Serranidae, Lutjanidae, dan Haemulidae	Ikan karnivora ini adalah target utama perikanan, sehingga populasi mereka digunakan untuk menduga adanya penangkapan ikan yang berlebihan.
	Serranidae	Kerapu	
	Lutjanidae	Kakap	
	Haemulidae	Bibir Tebal	
	Famili Ikan Fungsional Kunci/Herbivora	Jumlah dari famili Acanthuridae, Scaridae, dan Siganidae	Ikan herbivora ini mengonsumsi alga, menyisakan ruang terbuka bagi karang dewasa untuk tumbuh dan bagi bayi karang untuk bertahan.
	Acanthuridae	Butana	
	Scaridae	Kakatua	
Siganidae	Baronang		

Lampira 2. Hasil pengujian ANOVA dua faktor perbedaan antar waktu (tahun) dan antar zona larang tangkap dan zona tangkap untuk rata-rata tutupan kelompok karang

	Tahun <i>Apakah terjadi perubahan antar waktu?</i>	Zona <i>Apakah terjad perbedaan antara Zona Larang Tangkap dan Zona Tangkap?</i>	Interaksi <i>Apakah perbedaan zona menyebabkan perubahan antar waktu?</i>
Figure 3a) Hard Coral	0,019	0,006	0,082
3b) Soft Coral	0,014	0,000	0,323
3c) Recently Dead Coral	0,037	0,820	-
3d) Rubble	0,013	0,009	0,183
3e) Other Algae	0,014	0,068	0,032
3f) CCA	0,000	0,415	-

Lampiran 3. Hasil pengujian ANOVA dua faktor perbedaan antar waktu (tahun) dan antar zona larang tangkap dan zona tangkap untuk biomasa ikan kunci (target) dan kelompok ikan fungsional (herbivora)

	Tahun <i>Apakah terjadi perubahan antar waktu?</i>	Zona <i>Apakah terjad perbedaan antara Zona Larang Tangkap dan Zona Tangkap?</i>	Interaksi <i>Apakah perbedaan zona menyebabkan perubahan antar waktu?</i>
Figure 4a) Fisheries Families	0,047	0,233	0,740
4b) Serranidae	0.014	0,607	-
4c) Lutjanidae	0,097	0,271	-
4d) Haemulidae	0,085	0,299	-
Figure 4e) Functional Families	0,002	0,702	0,540
4f) Acanthuriadae	0,002	0,345	0,363
4g) Scaridae	0,005	0,815	0,484
4e) Siganidae	0,184	0,028	0.620

Kredit Gambar:

Gambar ikon ikan dan karang diambil dari *the Integration and Application Network, University of Maryland Center for Environmental Science (ian.umces.edu/imagelibrary/)*