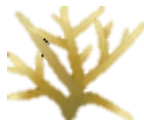




**LAPORAN STATUS EKOLOGI  
KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN SELAT DAMPIER, RAJA AMPAT  
TAHUN 2018**



**Tutupan karang**

**Ikan fungsional**

**Ikan target**



**DI SUSUN OLEH  
PURWANTO, DARIANI MATUALAGE, IRMAN RUMENGAN, AWALUDINNOER, ABDI W.  
HASAN, HABEMA F. Y. MONIM, RUDI DIMARA, ASER BURDAM, ELVIS MAMBRAKU,  
MULYADI, DAN LA HAMID**



The Nature Conservancy

CONSERVATION  
INTERNATIONAL



## SARAN SITASI

Purwanto, Dariani Matualage, Irman Rumengan, Awaludinnoer, Abdi W. Hasan, Habema F. Y. Monim, Rudi Dimara, Aser Burdam, Elvis Mambraku, Mulyadi, dan La Hamid. 2018. *Laporan Status Ekologi Kawasan Konservasi Perairan Selat Dampier, Raja Ampat Tahun 2018*. 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: ©Awaludinnoer-The Nature Conservancy

Tata Letak Peta: Irman Rumengan-Universitas Papua

## PENDAHULUAN

Kepulauan Raja Ampat meliputi sekitar 4 juta hektar lautan 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 planet ini (Veron dkk. 2009, Allen dan Erdman 2009, 2012, Mangubhai dkk. 2012) dan merupakan prioritas global untuk konservasi perairan (Huffard, 2012). Survei telah menunjukkan bahwa perairan Raja Ampat terdapat 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 sangat penting bagi masyarakat karena mendukung kondisi perikanan termasuk keberadaan invertebrata, seperti teripang dan lola yang sangat penting bagi masyarakat. Seperti masyarakat pesisir di Indonesia, masyarakat di Raja Ampat bergantung pada terumbu karang sebagai sumber makanan dan pendapatan melalui perikanan dan pariwisata (Larsen et al. 2011). Namun, kondisi kesehatan karang dan perikanan di Indonesia, termasuk di Raja Ampat, terancam oleh penggunaan metode penangkapan ikan yang merusak seperti penggunaan bom, busur, 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 terumbu karang dan pentingnya untuk mempertahankan mata pencaharian penduduk setempat, jaringan tujuh kawasan konservasi perairan (KKP) yang mencakup lebih dari 1 juta hektar didirikan di Raja Ampat. Lima dari tujuh KKP termasuk KKP Selat Dampier 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 dengan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 36 / KEPMEN-KP/2014. Tujuan utama pembentukan jejaring KKL adalah untuk melestarikan habitat ikan, fungsi reproduksi dan stok serta memastikan perikanan yang berkelanjutan dan penggunaan sumber daya laut lainnya.

KKPD Selat Dampier terletak di sebelah selatan pulau Waigeo dan mencakup sebagian besar perairan yang mengelilingi Pulau Batanta dan pesisir barat Pulau Salawati. Kawasan ini mencakup 120 pulau dan 29 kampung. Lokasi Selat Dampier berdekatan dengan wilayah pelabuhan Kota Sorong yang ramai, menjadikan kawasan tersebut dengan pemanfaatan terpadat di Raja Ampat. Disamping ditetapkan dengan hukum positif, KKPD Selat Dampier telah dideklarasikan oleh tokoh adat Kabupaten Raja Ampat pada bulan November 2006. Pada tanggal 2 Desember 2011, masyarakat dengan dukungan dari Wakil Bupati Raja Ampat mendeklarasikan zona larang ambil baru pada upacara deklarasi di Arefei, Pulau Batanta. Serta pada tanggal 3 November 2012, penambahan luas 33.000 hektar dideklarasikan di Pulau Gam yang mencakup daerah Tanjung Putus dan Yeben, sehingga total luas KKPD Selat Dampier adalah 336.000 hektar

KKPD Selat Dampier dikelola dengan sistem zonasi dengan mengacu kepada PP 60 tahun 2001, yang secara prinsip dibagi menjadi Zona Inti, Zona Perikanan Berkelanjutan, Zona Pemanfaatan dan Zona Lain. KKPD Selat Dampier termasuk dalam satu pengelolaan dan zonasi KKP Raja

Ampat, sehingga tidak terdapat Zona Inti di KKPD Selat Dampier. Dalam laporan ini sistim zonasi dikelompokkan menjadi Zona Larang tangkap dan Zona Pemanfaatan.

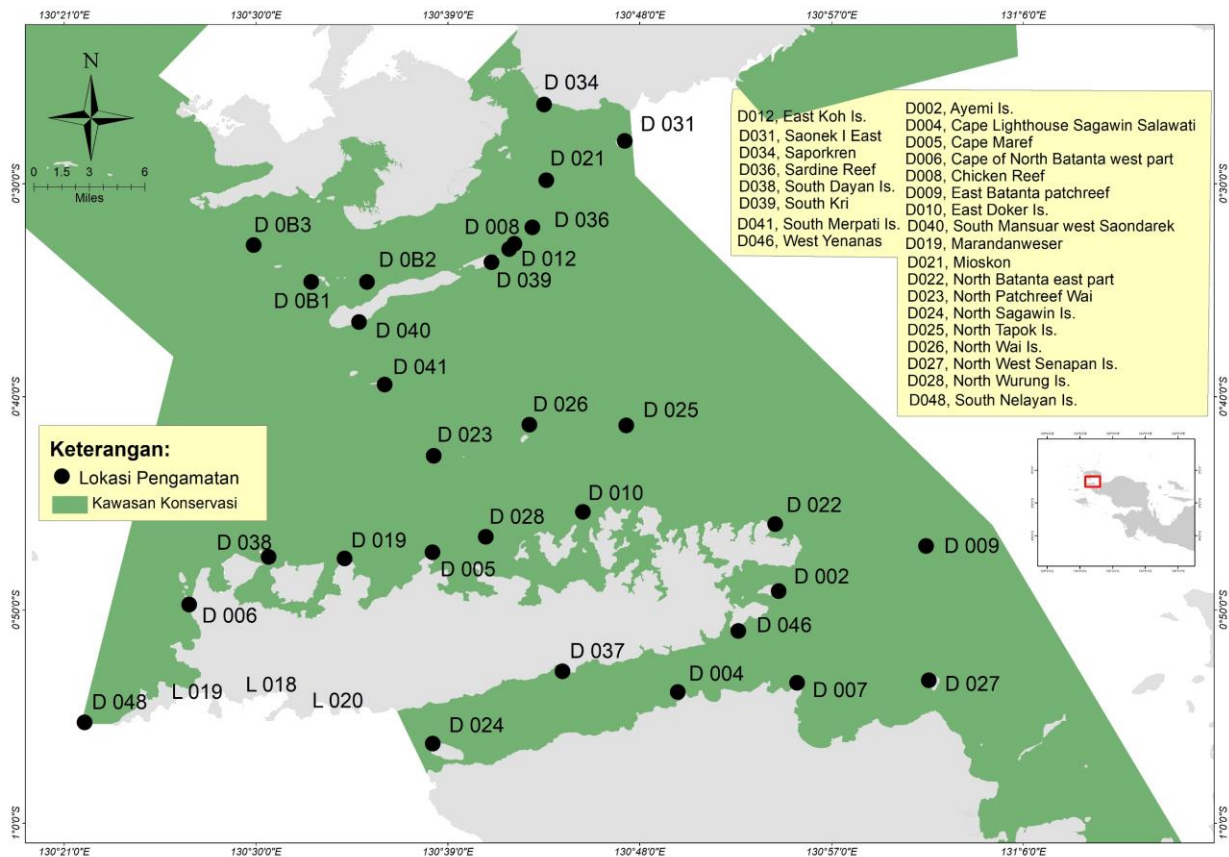
**Tabel 1: Sistem zonasi dan luasan KKPD Selat Dampier**

Zona	Sub-zona	Luas (ha)	Persentase (%)	Kategori
Zona Perikanan Berkelanjutan	Ketahanan Pangan dan Pariwisata	69,800	20.8	Zona Larang Tangkap
Zona Perikanan Berkelanjutan	Perikanan Berkelanjutan dan Budidaya	93,548	57.6	Zona Larang Tangkap
Zona Pemanfaatan	Sasi dan Pemanfaatan Tradisional	7,976	4.3	Zona Pemanfaatan
Zona Pemanfaatan	Alur	1,400	3.4	Zona Pemanfaatan
Pemanfaatan Lain		3,276	2.0	Zona Pemanfaatan

Tujuan monitoring kesehatan karang adalah untuk mengumpulkan data terkini kondisi kesehatan karang di KKPD Selat Dampier. Data kesehatan terumbu karang digunakan untuk mendukung pengelolaan dan menilai efektivitas pengelolaan dan mendukung pengelolaan yang adaptif.

Metode pemantauan menggunakan protokol yang dikembangkan oleh Green dan Wilson (2009) dan dimodifikasi oleh Ahmadia et al (2012). Kesehatan karang diukur dari kondisi ikan dan tutupan karang. Kondisi ikan diukur dengan metode *Underwater Visual Census* dan tutupan karang diukur dengan metode *Point Intercept Transect*. Jumlah titik (site) yang dimonitor setiap tahun bervariasi dari 26 - 38 situs tergantung pada berbagai faktor dan tujuan khusus pada saat monitoring. Dalam laporan ini kami menganalisis 24 data titik permanen. Data tahun 2010 digunakan sebagai data dasar sebelum penetapan zonasi dan data tahun 2014, 2016 dan 2018 sebagai data pengulangan untuk mengevaluasi zonasi dan implementasi rencana pengelolaan.

Pada tanggal 7 - 15 Maret 2018, sebanyak 34 lokasi di dalam KKPD Selat Dampier (14 lokasi di Zona Larang Tangkap dan 20 lokasi di Zona Pemanfaatan) lokasi telah disurvei oleh tim monitoring yang terlatih. Tim monitoring terdiri dari berbagai institusi, yaitu Universitas Papua, DKP Provinsi Papua Barat, UPTD BLUD KKPD Raja Ampat, CI Raja Ampat, TNC Raja Ampat, RARE Indonesia, Balai Taman Nasional Teluk Cenderawasih, sukarelawan atau mahasiswa dari Universitas Padjadjaran dan Universitas Wageningen.



Gambar 1. Peta Lokasi Monitoring Kesehatan Karang di KKP Selat Dampier Tahun 2018

## RINGKASAN HASIL MONITORING TAHUN 2018

Hasil monitoring kesehatan karang tahun 2018 menunjukkan bahwa secara umum terumbu karang di KKPD Selat Dampier dalam kondisi sehat dengan indikasi tidak ditemukan *coral bleaching* atau pemutihan karang secara massal akibat kenaikan suhu air laut, sangat sedikit ditemukan penyakit karang, tidak ditemukan *rubble* atau pecahan karang yang baru akibat bom dan aktifitas perikanan yang merusak. Hal menarik yang ditemukan pada saat monitoring adalah adanya:

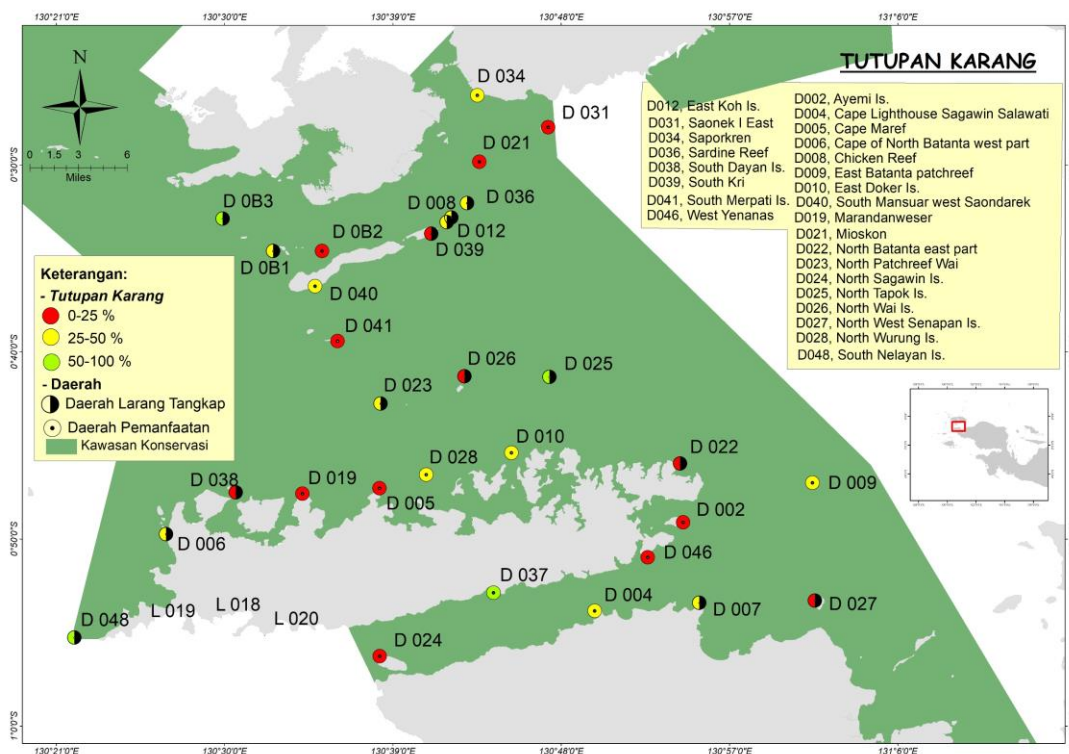
- Pertumbuhan karang lunak jenis *Xenia* sp. atau *Xenia overgrowth* yang mendominasi di lokasi monitoring di Selat Sagewin dan *Sponge overgrowth* di Batanta Selatan / Yennanas (D46)
- Bintang laut berduri pemakan karang atau *Achantaster plancii* atau *Crown of Thorn Starfish (CoTS)* ditemukan pada saat tim monitoring diving di Teluk Kabui. Informasi dari dive operator terdapat pertumbuhan berlebihan atau *outbreak* CoTS di perairan Pulau Saonek, tetapi ketika tim monitoring melakukan monitoring di Saonek tidak ditemukan *outbreak* CoTS.

Komunitas ikan secara umum menunjukkan dalam kondisi yang sehat dan seimbang populasi dan rantai makanan, karena masih ditemukan ikan carnivore atau predator ukuran besar dan kecil seperti Ikan Kerapu (Serranidae), Ikan Kakap (Lutjanidae), Ikan Bubara (Carangidae), Ikan Bibir Tebal (Haemulidae), Ikan Hiu (Carcharinidae) dan Ikan Herbivore (Ikan Baronang atau Siganidae, Ikan Kulit Pasir atau Acanthuridae dan Ikan Kakatua atau Scaridae) serta ikan-ikan

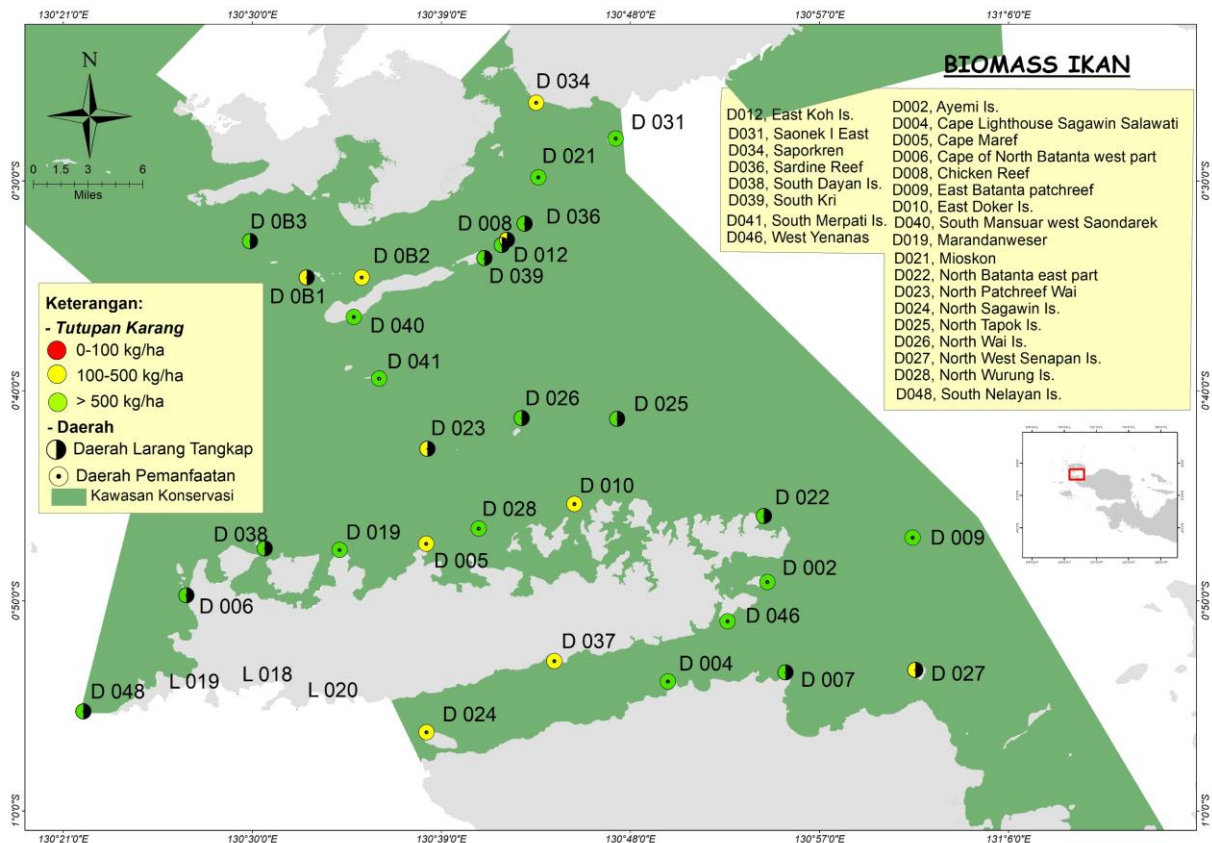
*planktivore* yang berukuran kecil lainnya, seperti Ikan Puri atau Engraulidae dan Ikan Oci atau Caesionidae. Ikan Hiu hampir ditemukan di setiap penyelaman, beberapa lokasi ditemukan lebih dari 10 ekor dalam sekali penyelaman seperti di Tanjung Lampu Solol (Elvis) dan Taka dekat Pulau Senapan (Pur). Bahkan di *Black Rock* – Pulau Batu di bagian selatan Selat Sagewin lokasi mionitoring tambahan tercatat sebanyak 62 ekor oleh tim monitoring (Rudi) dalam satu kali penyelaman. Tim monitoring juga mencatat jumlah Ikan dalam berkelompok besar atau *schooling* yang ditemukan selama monitoring berkurang jika dibandingkan monitoring sebelumnya.



Gambar 2. Ikan Kerapu (*Pletropomus areolatus*) dan Ikan Hiu Karang Sirip Putih (*Triaenodon obesus*) yang sering dijumpai di Selat Dampier.



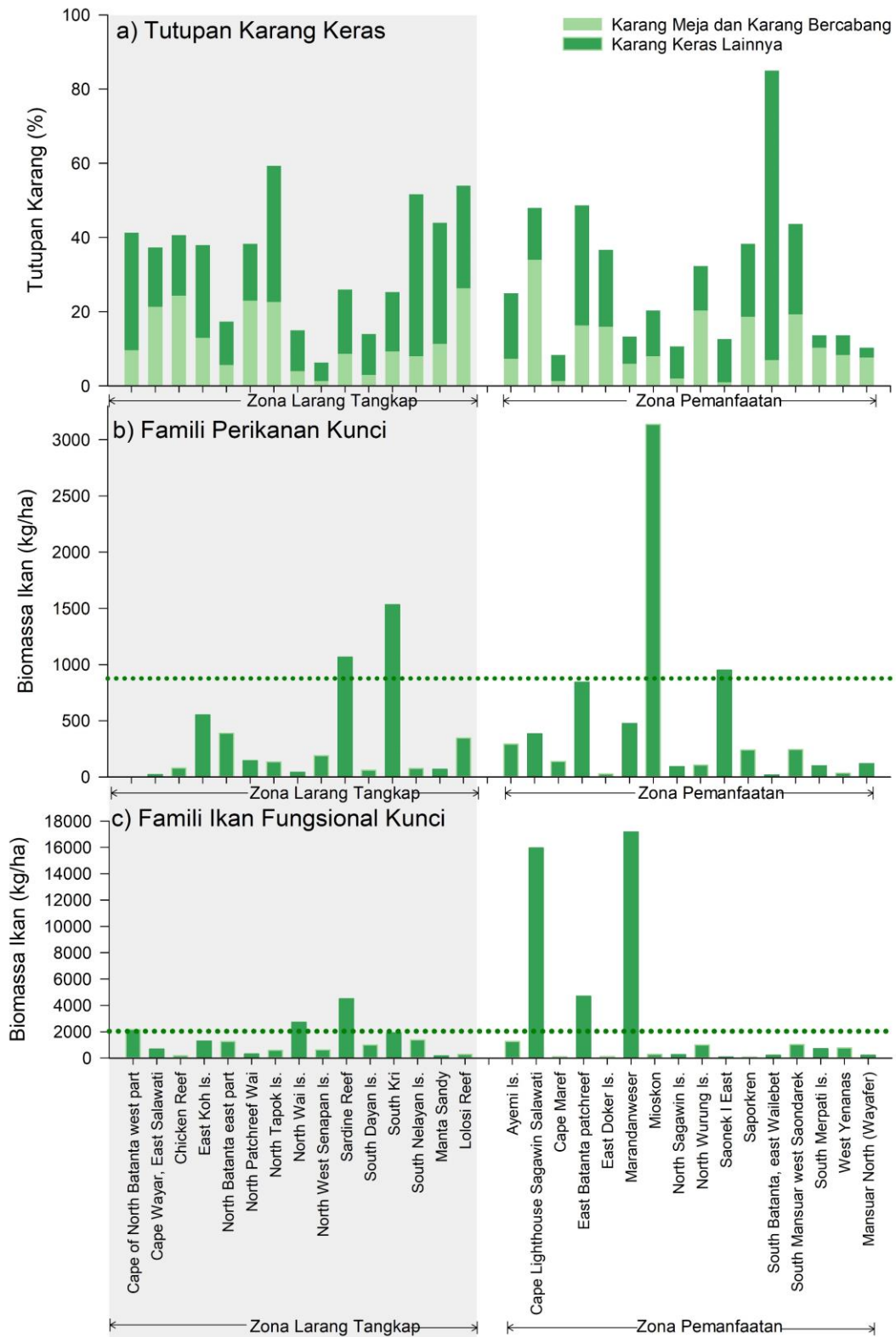
Gambar 3. Peta tutupan karang keras hidup di KKPD Selat Tahun 2018



Gambar 4. Peta Biomassa Ikan karang dengan 6 famili sebagai indikator kunci, yaitu famili *Acanthuridae*, *Scaridae*, *Siganidae*, *Haemulidae*, *Lutjanidae*, dan *Serranidae* di KKP Selat Dampier Tahun 2018

Hasil monitoring tahun 2018 menunjukkan bahwa rata-rata tutupan Karang Keras Hidup (HCL) sebesar 29,6% (Tabel 1) dan tutupan HCL tertinggi sebesar 85% di lokasi monitoring *South Batanta* (D037) dan terendah sebesar 6,3% di *Northwest Senapan Island* (D027). Terdapat 13 lokasi monitoring yang tutupan HCL nya kurang dari 25%, 15 lokasi antara 25 – 50% dan hanya 4 lokasi lebih dari 50% (Gambar 3). Rata-rata tutupan HCL bervariasi di Zona Larang Tangkap dan Zona Penangkapan dan antar lokasi monitoring (Gambar 6a).

Rata-rata biomasa ikan sangat bervariasi antar lokasi monitoring dan antar zona. Di Zona Larang Tangkap biomasa ikan karnivora tertinggi di *South Kri* dan terendah di *Cape North Batanta* (Gambar 6b), sedangkan di Zona Pemanfaatan nilai rata-rata biomasa ikan karnivora atau ikan target tertinggi lebih dari 3.000 kg/ha di *Mioskon* (D021) dan terendah di *West Yenanas*. Biomasa ikan herbivora yang mempunyai fungsi ekologi sangat penting yang tertinggi di Zona Larang Tangkap di lokasi *Sardine Reef* yang mencapai lebih dari 4000 kg/ha dan yang terendah di *Manta Sandy* (D0B1). Sedangkan di Zona Pemanfaatan nilai tertinggi di *Marandanweser* dan terendah di *Saonek I East* (Gambar 6c).



**Gambar 5.** Rata-rata persentase tutupan karang (a), biomasa famili Ikan Kunci/target (b) dan biomasa famili ikan fungsional (c), di masing-masing lokasi di KKP Selat Dampier Tahun 2018. Daerah yang diarsir adalah lokasi Zona larang tangkap. Kotak garis menunjukkan rata-rata untuk setiap indikator di semua lokasi monitoring.

## Tutupan Karang

**Tabel 2:** Tutupan karang per kategori dan biomasa famili ikan kunci di KKPD Selat Dampier Tahun 2018. Semua nilai merupakan nilai rata-rata  $\pm$  standard error.

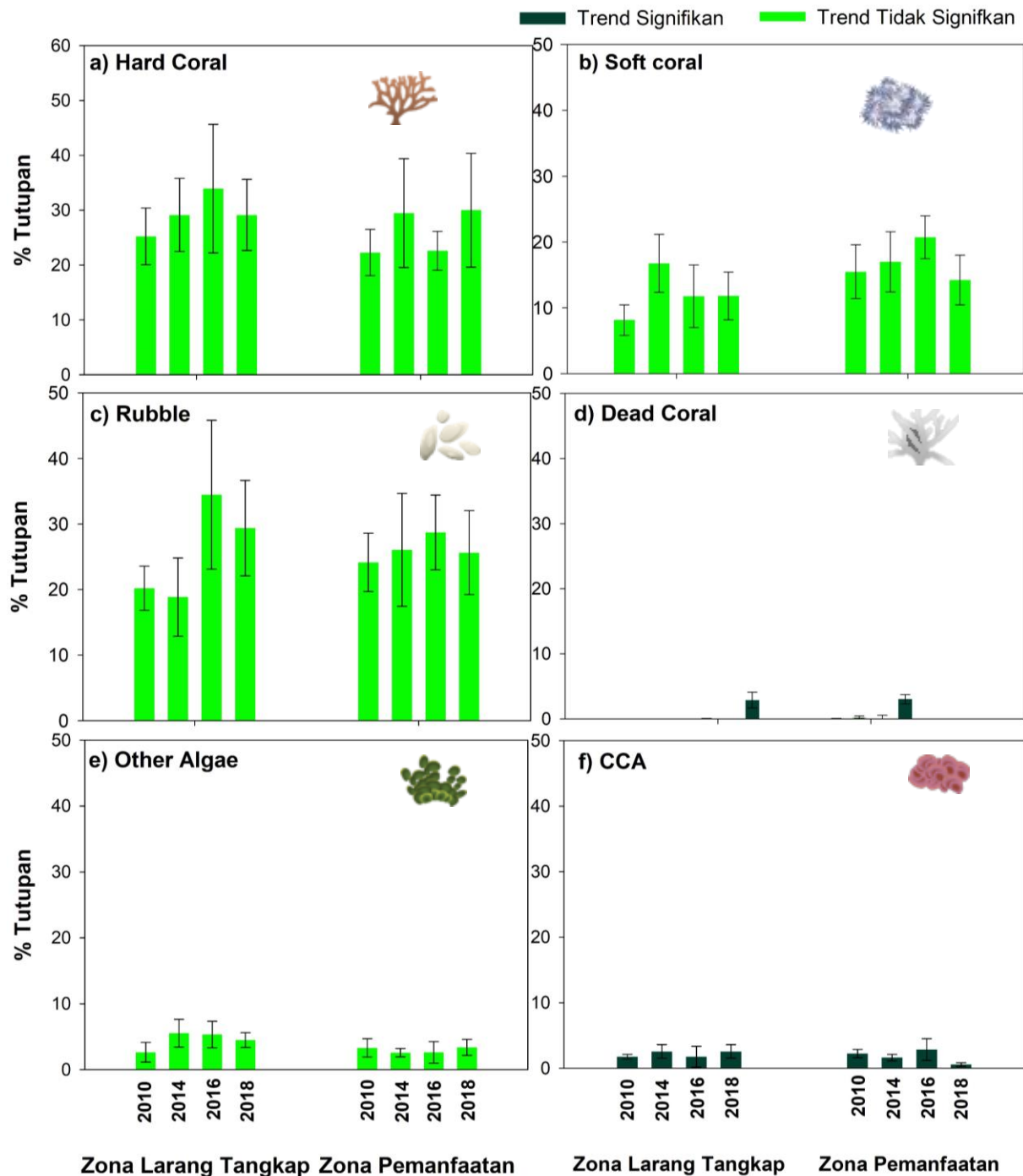
Tutupan Karang (%)		Biomassa Ikan (kg/ha)	
Hard Coral (HCL)	29,6 $\pm$ 5,9	Functionally Important	2132,4 $\pm$ 172,7
Soft Coral	13,0 $\pm$ 2,5	Acanthuridae	1837,2 $\pm$ 164,8
Bleached Coral	0,07 $\pm$ 0,05	Scaridae	253,1 $\pm$ 80,9
Rubble	27,5 $\pm$ 4,7	Siganidae	42,1 $\pm$ 13,8
CCA	1,6 $\pm$ 0,6	Fisheries Important	117,8 $\pm$ 33,3
Other Algae	3,9 $\pm$ 0,8	Haemulidae	13,7 $\pm$ 4,6
		Lutjanidae	84,8 $\pm$ 29,6
		Serranidae	19,3 $\pm$ 4,6

?

Jika dibandingkan dengan rata-rata tutupan karang untuk masing-masing indikator di kawasan konservasi Bentang Laut Kepala Burung tahun 2018, rata-rata tutupan HCL di KKPD Selat Dampier sebesar 29,6% relatif lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata tutupan HCL di KKP di seluruh wilayah Kepala Burung Papua yang sebesar 35,1%, walaupun secara statistik tidak berbeda signifikan. Rata-rata tutupan HCL antar tahun monitoring relatif stabil. Rata-rata tutupan karang lunak (*Soft Coral*), patahan karang (*Rubble*), karang memutih (*Bleached Coral*) dan alga lain (*Other Algae*) di KKPD Selat Dampier fluktuatif antar tahun monitoring tetapi tidak berbeda signifikan dan nilai rata-rata tidak berbeda dengan rata-rata di wilayah Kepala Burung Papua dan. Yang berbeda secara signifikan adalah rata-rata tutupan karang mati (*Dead Coral*) dan *Crustoce Coraline Algae (CCA)* tahun 2018 yang lebih tinggi dibandingkan data monitoring tahun sebelumnya (Gambar 7).



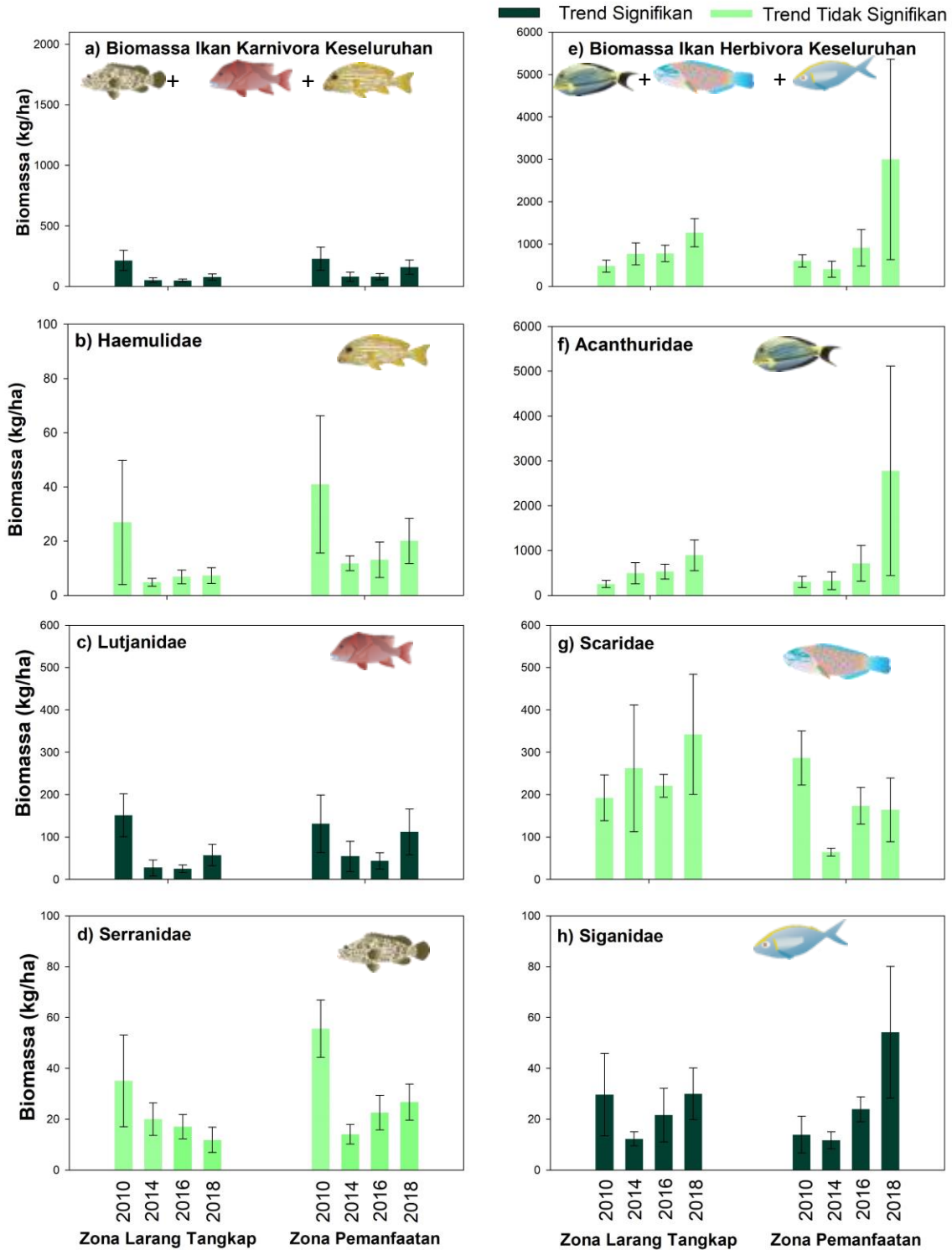
Gambar 6. Terumbu karang yang sehat di KKPD Selat Dampier (Photo: Awaludinnoer/TNC)



**Gambar 7.** Rata-rata ( $\pm$  Simpangan Error) persentase tutupan karang setelah monitoring keempat pada KKP Selat Dampier. Karang keras (a) termasuk semua bentuk karang keras hidup; Karang halus (b) termasuk octocorals seperti gorgonians dan sea whips; Patahan Karang (c) termasuk karang mati yang tidak melekat; Karang mati (d) termasuk karang yang baru mati, tidak termasuk turf algae atau CCA; Other Algae (e) termasuk semua turf dan macroalgae selain Crustose Coralline Algae (CCA, dapat dilihat pada bagian f). Lihat Lampiran untuk uji statistik

### Biomasa Ikan

Rata-rata biomasa ikan karnivore antar zona maupun antar tahun monitoring berbeda secara signifikan. Sedangkan ikan herbivora walaupun kecenderungan meningkat rata-rata biomasanya tetapi secara statistik tidak terjadi perubahan yang signifikan baik di masing-masing zona maupun antar tahun monitoring.



**Gambar 8.** Rata-rata ( $\pm$  SE) biomassa famili ikan kunci pada Zona Larang Tangkap dan Zona tangkap setelah empat monitoring pada KKP Selat Dampier. 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.

Rata-rata biomasa Ikan herbivora yang fungsi ekologiannya sangat penting di KKPD Selat Dampier sebesar 2.132,4 kg/ha, sedangkan rata-rata biomasa ikan karnivora yang penting nilai ekonominya sebesar 117,8 kg/ha (Tabel 2). Rata-rata biomasa ikan herbivora di KKPD Selat

Dampier lebih tinggi, sedangkan rata-rata biomasa ikan karnivora lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata biomasa ikan di KKP di Bentang Laut Kepala Burung.

Trend biomasa ikan herbivora cenderung mengalami peningkatan antar tahun pengamatan, baik di zona larang tangkap maupun zona penangkapan. Sedangkan rata-rata biomasa ikan karnivora cenderung stabil antar tahun monitoring di semua zona. Hanya Ikan Kakap (Lutjanidae) dan Ikan Baronang (Siganidae) yang terjadi perubahan secara signifikan antar zona dan antar tahun monitoring, sedangkan family ikan lainnya tidak berubah secara signifikan (Gambar 8).

## REKOMENDASI PENGELOLAAN

Adanya *overgrowth* karang lunak dan *sponge* serta berkurangnya frekuensi ikan *schooling* diduga merupakan indikasi adanya tekanan aktifitas manusia. Lokasi *overgrowth* tersebut berada relative dekat dengan pemukiman penduduk di Kampung Yenanas. Hal ini sejalan dengan posisi KKPD Selat Dampier yang relative lebih dekat dengan Kota Sorong dan paling mudah untuk akses nelayan dan wisata. Karang lunak jenis *Xenia sp.* diketahui merupakan karang 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 *Xenia sp.* dan *sponge* dapat dipicu oleh adanya *nutrient* berlebihan (Birkeland C, 1982) yang dapat berasal dari rumah tangga. 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).

Indikasi terjadinya *outbreak* atau ledakan populasi CoTS juga menjadi indikasi mulai tidak seimbanginya rantai makanan. Ledakan populasi CoTS diduga dapat disebabkan oleh adanya *phytoplankton* yang berlebihan (Fabricus et.al., 2010), adanya *nutrient* dari daratan (Birkeland C, 1982; Brodie et.al., 2005) Berkurangnya pemangsa CoTS seperti Kerang Terompet, Triton dan Ikan Napoleon diduga menjadi salah satu penyebab berkembangnya populasi CoTS secara cepat (Fabricus et.al., 2010)

Beberapa lokasi monitoring seperti di Mioskon dan South Kri yang merupakan lokasi menyelam bagi wisatawan mempunyai biomasa ikan target yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan lokasi lainnya. Aktifitas wisata menyelam diduga menjadi penyebab berkurangnya pemanfaatan nelayan sehingga biomasa ikan target di lokasi tersebut lebih tinggi dari lokasi lainnya. Tetapi disisi lain di lokasi yang mempunyai biomasa ikan yang tinggi tersebut tutupan HCL nya cenderung lebih rendah dari rata-rata. Hal ini perlu dilakukan kajian apakah aktifitas rendahnya tutupan HCL di beberapa lokasi monitoring karena aktifitas wisata atau karena faktor lainnya.

Berdasar hasil monitoring tersebut rekomendasi bagi pengelola:

- 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 KKPD Selat Dampier.

- Meningkatkan kesadaran masyarakat untuk tidak membuang sampah, baik sampah rumah tangga berbentuk padat maupun cairan yang dapat mengakibatkan pencemaran.
- Melakukan pemantauan populasi CoTS dan melakukan aksi yang terukur seperti pengangkatan CoTS jika terjadi ledakan populasi dengan bekerjasama dengan pelaku wisata, *homestay*, *live aboard* dan mitra lainnya.
- Bekerjasama dengan mitra lain seperti peneliti atau mahasiswa untuk melakukan penelitian yang dapat meningkatkan efektifitas pengelolaan KKPD Selat Dampier.

## 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.

Birkeland, C. 1982. Terrestrial runoff as a cause of outbreaks of *Acanthaster planci* (Echinodermata: Asteroidea). *Marine Biology*. Berlin, Heidelberg 69(2): 175-185.

Brodie, J., K. Fabricius, G. De'ath, and K. Okaji. 2005. Are increased nutrient inputs responsible for more outbreaks of crown-of-thorns starfish? An appraisal of the evidence. *Marine Pollution Bulletin* 51(1-4): 266-278.

Burke, L., Reyntar, K., and Spalding, M., & Perry, A. 2011. Reefs at risk revisited<sup>[1]</sup><sub>[SEP]</sub>

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.

Fabricius, K.E., K. Okaji, and G. De'ath. 2010. Three lines of evidence to link outbreaks of the crown-of-thorns seastar *Acanthaster planci* to the release of larval food limitation. *Coral Reefs* 29(3): 593-605. (Website)

Glew, L., G.N. Ahmadia, H.E. Fox, M.B. Mascia, P. Mohebalian, F. Pakiding, Estradivari, N.I. Hidayat, D. N. Pada, and Purwanto. 2015. State of the Bird's Head Seascape MPA Network Report, 2015. World Wildlife Fund, Conservation International, Rare, The

Nature Conservancy, and Universitas Papua, Washington D.C., United States, Jakarta, Indonesia, and Manokwari, Indonesia.

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.

Larsen SN, Leisher C, Mangubhai S, Muljadi A, and Tapilatu R. 2011. Report on a Coastal Rural Appraisal in Raja Ampat Regency, West Papua, Indonesia. The Nature Conservancy, Sanur. Report 3/11. 32pp.

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

Mangubhai S, Erdmann MV, Wilson JR, Huffard CL, Ballamu F, Hidayat NI, Hitipeuw C, Lazuardi ME, Muhajir, Pada D, Purba G, Rotinsulu C, Rumatna 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>.

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 S1. 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 (herbivora) dan spesies ikan kunci atau target tangkapan nelayan (karnivora). 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
<b>Kelompok Karang / Kategori PIT</b>	<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.
<b>Famili Kelompok Ikan</b>	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		

Lampiran S2. Hasil pengujian ANOVA dua faktor perbedaan antar waktu (tahun) dan antar zona larang tangkap dan zona tangkap untuk rata-rata tutupan kelompok karang

	<b>Tahun</b> <i>Apakah terjadi perubahan antar waktu?</i>	<b>Zona</b> <i>Apakah terjadi perbedaan antara Zona Larang Tangkap dan Zona Tangkap?</i>	<b>Interaksi</b> <i>Apakah perbedaan zona menyebabkan perubahan antar waktu?</i>
Gambar 7a) Hard Coral	0,923	0,563	0,980
7b) Soft Coral	0,589	<b>0,075</b>	0,566
7c) Rubble	0,474	0,947	0,902
7d) Dead Coral	<b>0000</b>	0,351	-
7e) Other Algae	0,789	0,189	0,623
7f) CCA	0,153	0,508	0,457

Lampiran S3. Hasil pengujian ANOVA dua faktor perbedaan antar waktu (tahun) dan antar zona larang tangkap dan zona tangkap untuk biomasa ikan kunci (target/Karnivora) dan kelompok ikan fungsional (herbivora)

	<b>Tahun</b> <i>Apakah terjadi perubahan antar waktu?</i>	<b>Zona</b> <i>Apakah terjadi perbedaan antara Zona Larang Tangkap dan Zona Tangkap?</i>	<b>Interaksi</b> <i>Apakah perbedaan zona menyebabkan perubahan antar waktu?</i>
Gambar 8a) Karnivora keseluruhan	<b>0,002</b>	0,427	-
8b) Haemulidae	0,113	0,232	0,888
8c) Lutjanidae	<b>0,001</b>	0,598	0,633
8d) Serranidae	0,623	0,491	0,105
Gambar 8e) Herbivora keseluruhan	0,254	0,233	-
8f) Acanthuridae	0,224	0,363	-
8g) Scaridae	0,178	0,187	0,323
8h) Siganidae	<b>0,001</b>	0,941	0,876

Lampiran S4: Tutupan karang per kategori dan biomasa famili ikan kunci di BLKB Periode Tahun 2017-2018. Semua nilai merupakan nilai rata-rata  $\pm$  standard error.

Tutupan Karang (%)		Biomassa Ikan (kg / ha)	
<i>Hard Coral</i>	33,5 $\pm$ 36,7	<i>Functionally Important</i>	462,1 $\pm$ 752,8
<i>Soft Coral</i>	10,5 $\pm$ 12,5	<i>Acanthuridae</i>	270,5 $\pm$ 552,1
<i>Bleached Coral</i>	< 1	<i>Scaridae</i>	129,0 $\pm$ 162,2
<i>Rubble</i>	22,1 $\pm$ 24,9	<i>Siganidae</i>	40,6 $\pm$ 60,6
CCA	< 1	<i>Fisheries Important</i>	279,1 $\pm$ 405,9
<i>Other Algae</i>	5,2 $\pm$ 7,0	<i>Haemulidae</i>	12,6 $\pm$ 223,8
		<i>Serranidae</i>	23,3 $\pm$ 32,4
		<i>Lutjanidae</i>	233,4 $\pm$ 359,4

**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/)*