



**LAPORAN STATUS EKOLOGI
KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN SELAT DAMPIER, RAJA AMPAT
TAHUN 2021**



Tutupan karang

Ikan fungsional

Ikan target



DI SUSUN OLEH

**PURWANTO, DARIANI MATUALAGE, IRMAN RUMENGAN, HABEMA F. Y. MONIM,
AWALUDINNOER, NUGRAHA MAULANA, RONALD MAMBRASAR, ABDI W. HASAN, ASER
BURDAM, ELVIS MAMBRAKU, IMANUEL MOFU, MULYADI, LA HAMID, DAUD ORISU,
BERNARDUS DUWIT, DAN EMILLIO D. L.R.**



SARAN SITASI

Purwanto, Dariani Matualage, Irman Rumengan, Habema F. Y. Monim, Awaludinnoer, Abdi W. Hasan, Nugraha Maulana Arsyad, Ronald Mambrasar, Aser Burdam, Elvis Mambraku, Imanuel Mofu, Mulyadi, La Hamid, Daud Orisu, Bernardus Duwit, dan Emillio D. L.R. 2021. *Laporan Status Ekologi Kawasan Konservasi Perairan Selat Dampier, Raja Ampat Tahun 2021*. Universitas Papua, Unit Pelaksana Teknis KKP Raja Ampat, Balai Besar Taman Nasional Teluk Cenderawasih, Conservation International, Yayasan Konservasi Alam Nusantara, RARE Indonesia. Manokwari, Sorong, Raja Ampat, Bogor Indonesia.

Foto Sampul: S4C LPPM Unipa/Awaludinnoer-YKAN

Tata Letak Peta: Irman Rumengan

PENDAHULUAN

Kepulauan Raja Ampat meliputi wilayah darat dan laut seluas sekitar 4 juta hektar yang terletak di Papua Barat, Indonesia, tepat di jantung Segitiga Karang Dunia. 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) dan merupakan prioritas global untuk konservasi perairan (Huffard, 2012). Di Raja Ampat diidentifikasi 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 mempunyai peranan penting bagi masyarakat Raja Ampat karena mendukung sumber daya perikanan termasuk keberadaan invertebrata, seperti teripang dan lola yang sangat penting bagi masyarakat. Masyarakat 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, bius, 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) dan sudah mulai mengakibatkan *coral bleaching* atau pemutihan karang di Raja Ampat (Awaludinnoer dkk, 2020).

Sebagai pengakuan atas nilai-nilai konservasi terumbu karang dan peran 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 dengan Peraturan Kabupaten (No. 27/2008) yang sebelumnya disebut sebagai KKP Kabupaten atau KKP Daerah (KKPD). 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 menetapkan KKP Raja Ampat dengan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 36/KEPMEN-KP/2014. Tujuan utama pembentukan jejaring KKP adalah untuk melestarikan habitat ikan, fungsi reproduksi dan stok serta memastikan perikanan dan penggunaan sumber daya laut lainnya yang berkelanjutan.

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 sebagai kawasan pemanfaatan terpadat di Raja Ampat. Disamping ditetapkan dengan hukum formal, KKPD Selat Dampier telah dideklarasikan oleh tokoh adat Kabupaten Raja Ampat pada bulan November 2006. Pada tanggal 2 Desember 2011, masyarakat dengan dukungan dari pemerintah Kabupaten Raja Ampat mendeklarasikan zona larang ambil baru pada upacara deklarasi data di Arefei, Pulau Batanta. Serta pada tanggal 3 November 2012, penambahan luas 33.000 hektar tersebut dideklarasikan di Pulau Gam yang mencakup daerah Tanjung Putus dan Yeben, sehingga total luas KKPD Selat Dampier adalah 336.000 hektar. Dengan ditetapkannya UU No 23 tahun 2014, kewenangan pengelolaan kawasan pesisir dan laut sejauh 12 mil dialihkan dari kabupaten ke tingkat provinsi, sehingga pengelolaan KKP Raja Ampat dilakukan oleh Provinsi Papua Barat.

KKPD Selat Dampier dikelola dengan sistem zonasi dengan mengacu kepada PP 60 tahun 2017, 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 sistem zonasi dikelompokkan menjadi Zona Larang tangkap dan Zona Pemanfaatan.

Tabel 1: Sistem zonasi dan luasan KKPD Selat Dampier

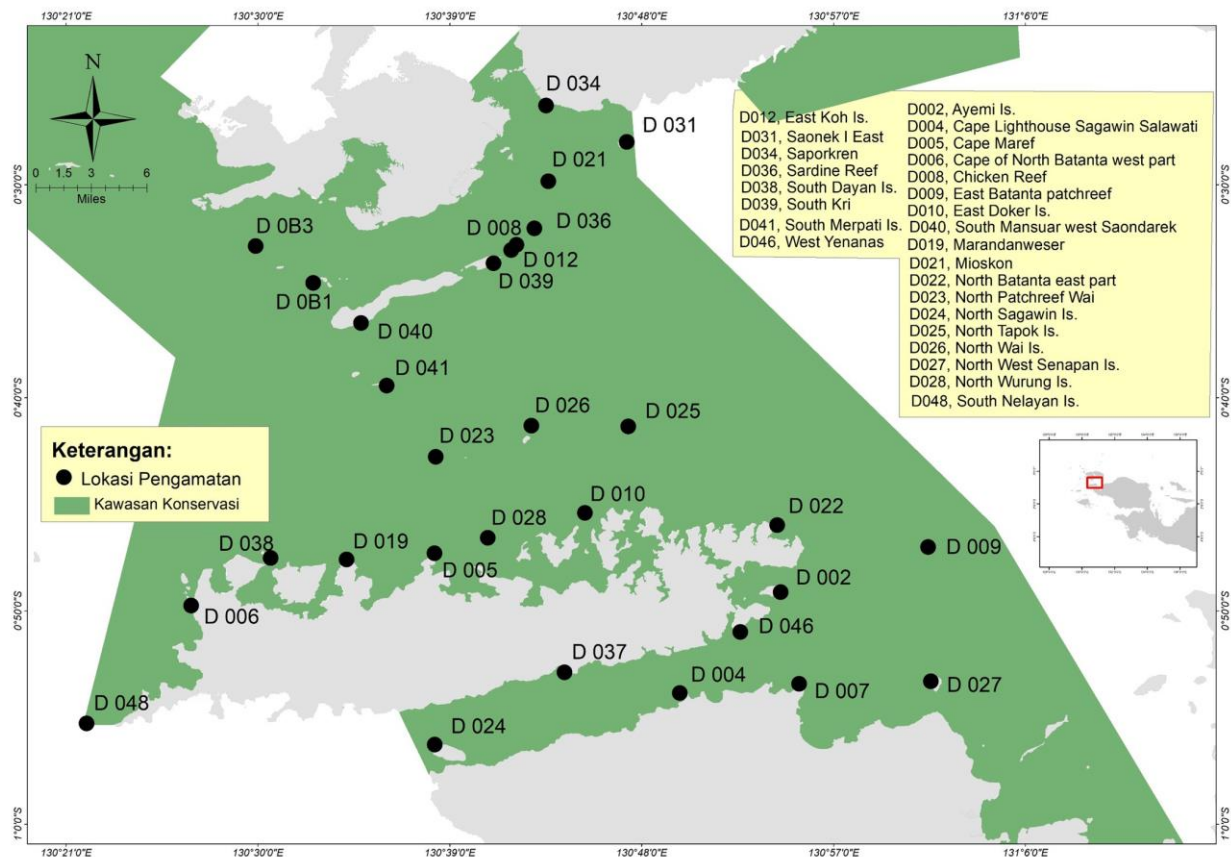
Zona	Sub-zona	Luas (ha)	Persentase (%)	Kategori
Zona Perikanan Berkelanjutan	Ketahanan Pangan dan Pariwisata	69,800	20.8	Zona Larang Tangkap
Zona Perikanan Berkelanjutan	Perikanan Berkelanjutan dan Budidaya	93,548	27.6	Zona Larang Tangkap
Zona Pemanfaatan	Sasi dan Pemanfaatan Tradisional	7,976	4.3	Zona Pemanfaatan
Zona Pemanfaatan	Alur	1,400	3.4	Zona Pemanfaatan
Pemanfaatan Lain		3,276	10.0	Zona Pemanfaatan

Tujuan monitoring kesehatan karang adalah untuk mengumpulkan data terkini kondisi kesehatan karang di KKPD Selat Dampier. Data kesehatan terumbu karang digunakan untuk pertimbangan 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 lokasi (site) yang dimonitor setiap tahun bervariasi dari 26 - 38 situs tergantung pada beberapa faktor dan tujuan khusus pada saat monitoring. Dalam laporan ini kami menganalisis 24 data titik yang konsisten diambil datanya setiap monitoring. 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. Untuk analisa data dalam laporan ini, ikan yang dimonitor dibagi menjadi dua kelompok yaitu ikan herbivora dan ikan target. Ikan herbivora terdiri dari famili ikan kakatua (Scaridae), famili ikan baronang/samandar (Siganidae) dan famili ikan kulit pasir (Aanthuridae). Ikan herbivora mempunyai fungsi ekologi bagi ekosistem terumbu karang yang sangat penting karena memakan algae, sehingga dapat membersihkan substrat yang memungkinkan larva karang dapat menempel dan terumbu karang dapat tumbuh dengan baik. Ikan target yang merupakan karnivora mempunyai fungsi ekonomi yang penting bagi masyarakat karena merupakan ikan target tangkapan nelayan untuk konsumsi maupun perdagangan. Untuk analisa data dalam laporan ini, dipilih tiga famili ikan target yaitu ikan kakap (Lutjanidae), ikan kerapu/geropa (Serranidae) dan ikan bibir manis (Haemulidae).

Monitoring kesehatan karang di Selat Dampier tahun 2021 dilakukan pada tanggal 13 – 19 Februari dan dilanjutkan tanggal 3 – 6 April 2021 dengan menggunakan KLM Kurabesi. Tim monitoring yang terlatih berhasil mengambil data di 30 lokasi di dalam KKPD Selat Dampier (15 lokasi di Zona Larang Tangkap dan 15 lokasi di Zona Pemanfaatan), namun hanya 28 lokasi yang digunakan untuk analisis data karang (13 lokasi di Zona Larang Tangkap dan 15 lokasi di Zona Pemanfaatan) dan 14 lokasi untuk data ikan (7 lokasi di Zona Larang Tangkap dan 7 lokasi di Zona Pemanfaatan). Tim monitoring berasal dari Program Sains untuk Konservasi LPPM Universitas Papua, BLUD UPTD KKPD Raja Ampat, CI Raja Ampat, Yayasan Konservasi Alam

Nusantara (YKAN), RARE Indonesia, Balai Taman Nasional Teluk Cenderawasih, dan mahasiswa dari Universitas Papua.



Gambar 1. Peta Lokasi Monitoring Kesehatan Karang di KKP Selat Dampier Tahun 2021

RINGKASAN HASIL MONITORING TAHUN 2021

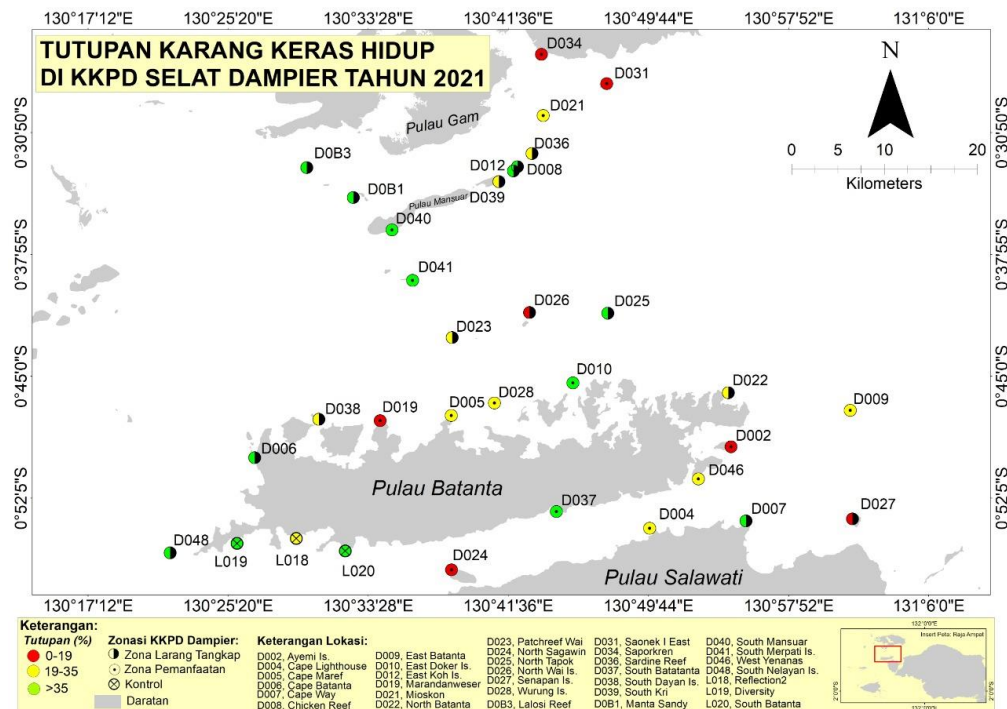
Hasil monitoring kesehatan karang tahun 2021 menunjukkan bahwa secara umum terumbu karang di KKPD Selat Dampier dalam kondisi yang sehat dengan tutupan karang hidup (keras dan lunak) sebesar 47% dan sangat sedikit ditemukan *rubble* atau pecahan karang yang baru akibat bom dan aktifitas perikanan yang merusak, serta sangat sedikit ditemukan penyakit karang dan juga sangat sedikit ditemukan bintang laut pemakan karang atau *Crown of Thorn Starfish (Acanthaster planci)*. Tetapi beberapa hal yang perlu menjadi perhatian adalah:

- Mulai ditemukan *coral bleaching* karang memutih di hampir semua lokasi monitoring walaupun persentasenya sangat kecil (<2%), bahkan juga ditemukan *coral bleaching* pada karang lunak atau *soft coral* dan anemon.
- Ditemukannya sampah plastik baik yang terapung di permukaan laut maupun pada saat menyelam di beberapa lokasi yang dekat dengan
- Kompetisi pertumbuhan antara karang dengan alga dan spons ditemukan di beberapa lokasi
- Satu lokasi yang ditemukan rubble atau pecahan karang yang relatif baru yang diduga karena bom ikan adalah di lokasi penyelaman L20 di bagian barat Tanjung Pulau Bantanta. Walaupun di luar KKPD Selat Dampier, tetapi tetap perlu mendapat perhatian dari tim patroli.

Komunitas ikan secara umum menunjukkan dalam kondisi yang sehat dan seimbang populasi dan rantai makanan dengan indikasi masih ditemukan ikan dengan ukuran besar dan kecil seperti Ikan Kerapu (Serranidae), Ikan Kakap (Lutjanidae), Ikan Bubara (Carangidae), Ikan Bibir Tebal (Haemulidae), Ikan Hiu (Carcharinidae) dan Ikan Herbivora (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 banyak lokasi penyelaman, terutama jenis Hiu Karang Sirip Putih (*Carcharinus melanopterus*), Hiu Perak atau Silvertip Sharks (*C. albimarginatus*), dan Hiu Karang Sirip Hitam (*Triaenodon obesus*). Di lokasi penyelaman Tanjung Solol (D56) ditemukan hiu dewasa yang berukuran besar dan kecil (anakan) serta 1 hiu dengan mata pancing di mulutnya.

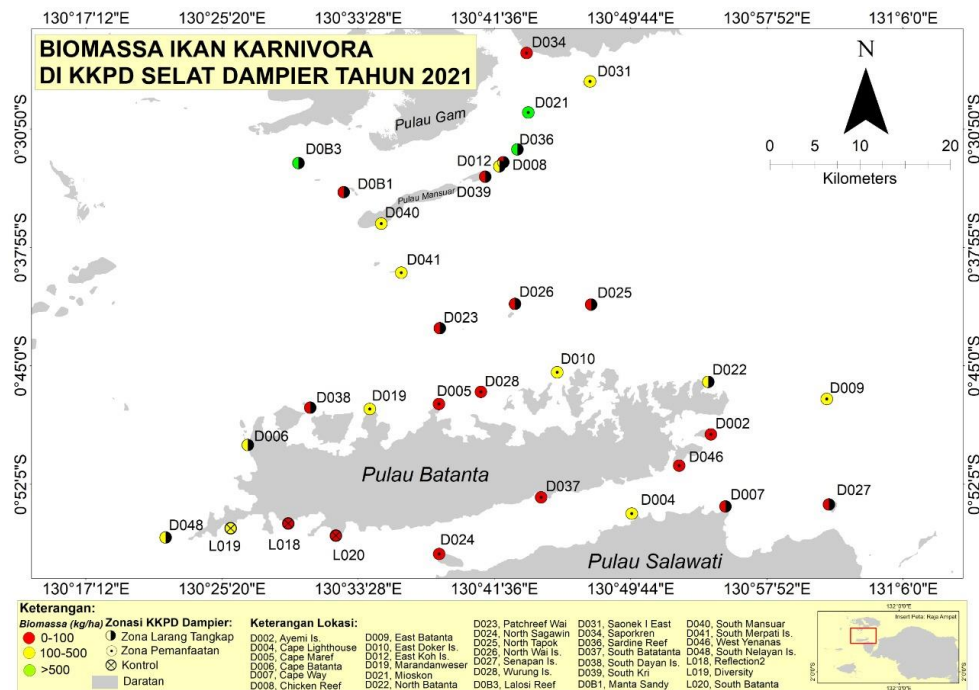


Gambar 2. Ikan kakap (*Lutjanus kasmira*) yang dijumpai saat monitoring di KKPD Selat Dampier tahun 2021 (Photo: S4C LPPM Unipa/Irman Rumengan).

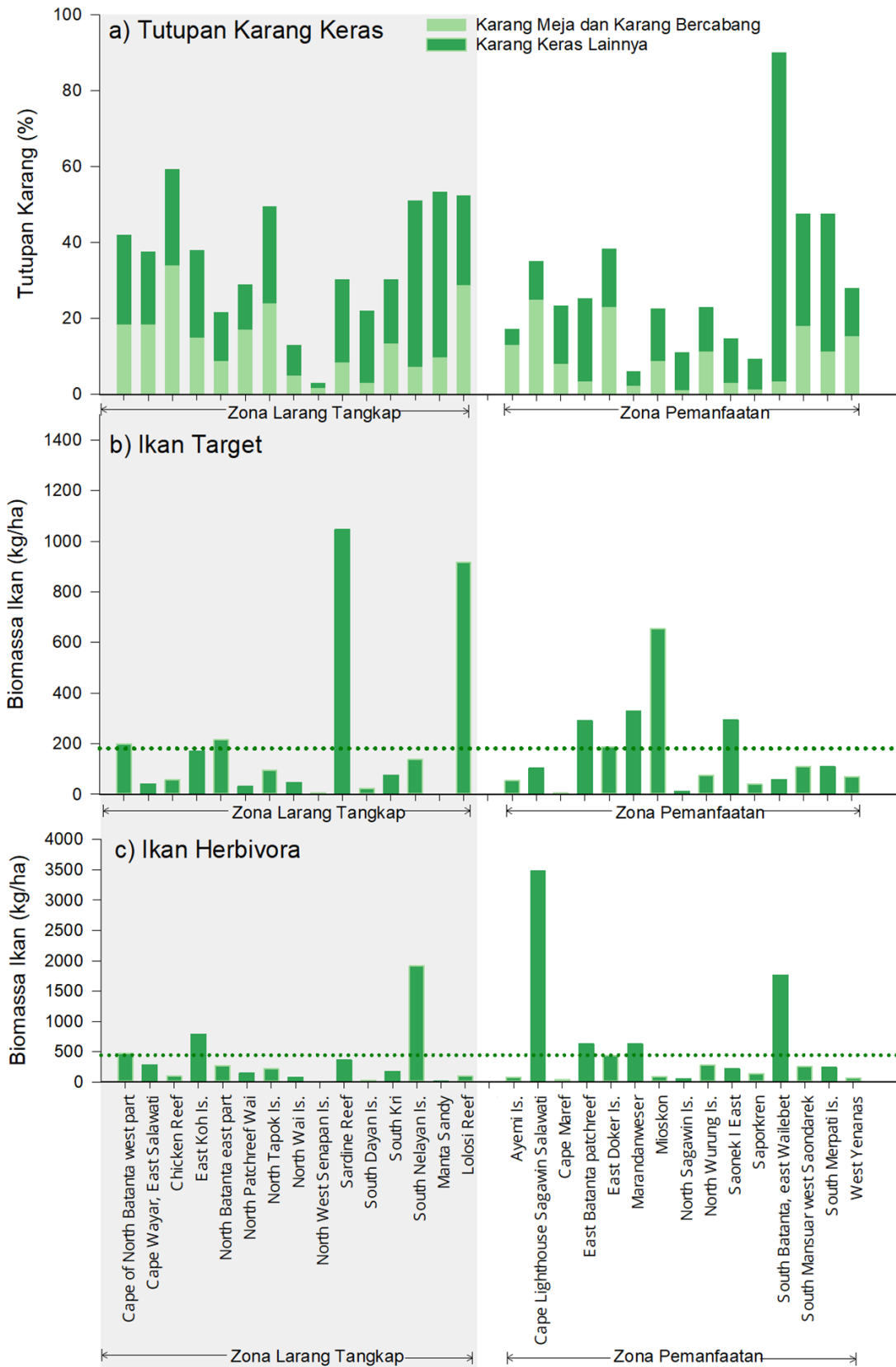


Gambar 3. Peta tutupan karang keras hidup di KKP Selat Tahun 2021

Hasil monitoring tahun 2021 menunjukkan bahwa rata-rata tutupan Karang Keras Hidup (HCL) sebesar 30,9% (Tabel 2) dan tutupan HCL tertinggi sebesar 90% di lokasi monitoring *South Batanta* (D037) dan terendah sebesar 3,0% di *Northwest Senapan Island* (D027). Terdapat 12 lokasi monitoring yang tutupan HCL nya kurang dari 25%, 17 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).



Gambar 4. Peta Biomassa Ikan karnivora (ikan target) dari 3 famili sebagai indikator kunci, yaitu famili Lutjanidae, Serranidae, dan Haemulidae di KKP Selat Dampier Tahun 2021



Gambar 6. 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 2021. Daerah yang diarsir adalah lokasi Zona larang tangkap. Kotak garis menunjukkan rata-rata untuk setiap indikator di semua lokasi monitoring.

Tutupan Karang

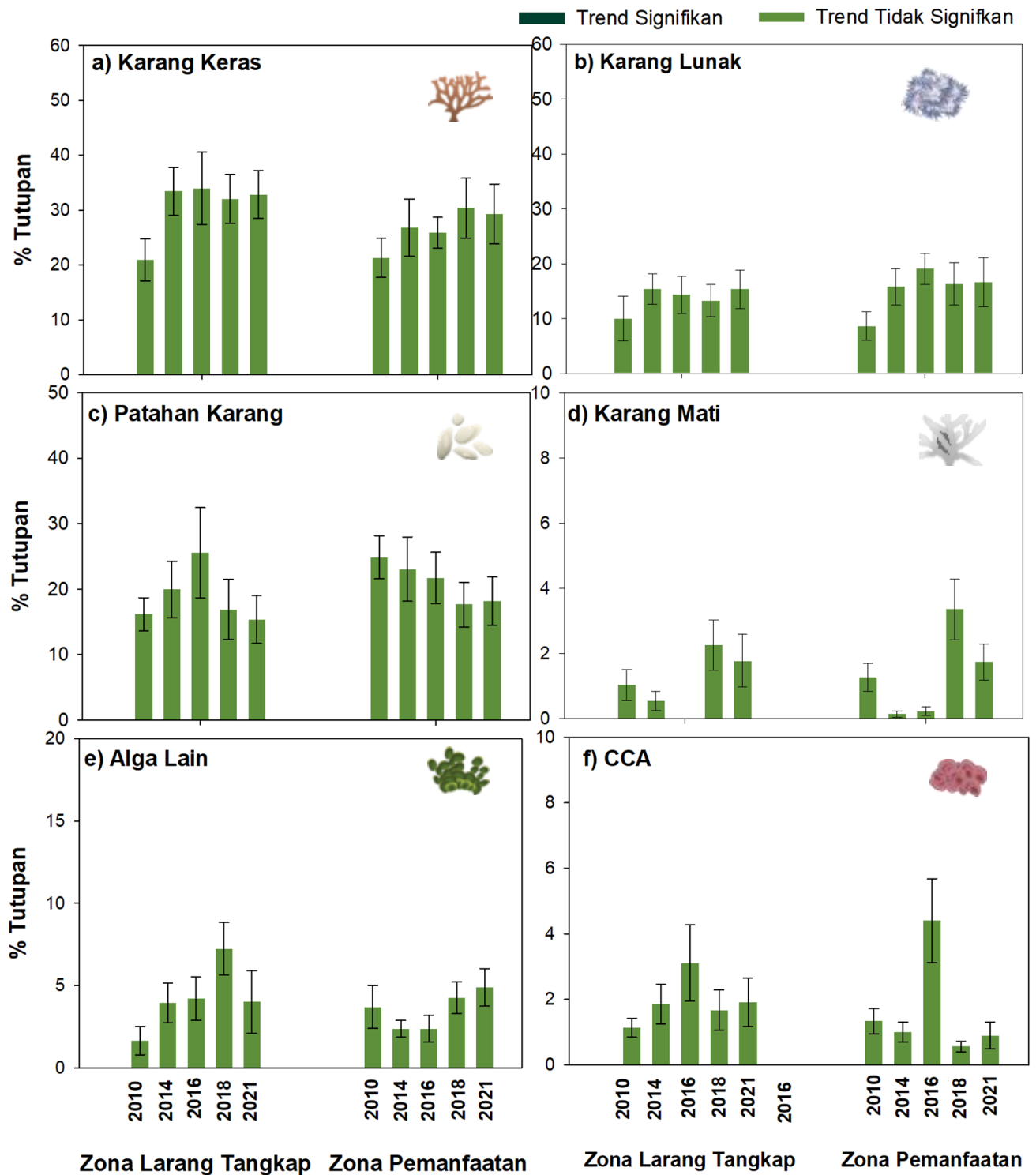
Tabel 2: Tutupan karang per kategori dan biomassa famili ikan kunci di KKPD Selat Dampier Tahun 2021. Semua nilai merupakan nilai rata-rata \pm standard error.

Tutupan Karang (%)		Biomassa Ikan (kg / ha)	
<i>Karang Keras Hidup (HCL)</i>	30,93 \pm 3,51	<i>Ikan Herbivora</i>	440,39 \pm 165,24
<i>Karang Lunak</i>	16,07 \pm 2,84	<i>Acanthuridae</i>	327,33 \pm 152,58
<i>Karang Memutih</i>	0,16 \pm 0,07	<i>Scaridae</i>	91,97 \pm 29,90
<i>Patahan Karang</i>	16,89 \pm 2,57	<i>Siganidae</i>	21,08 \pm 7,06
CCA	1,36 \pm 0,41	<i>Ikan Target</i>	88,11 \pm 23,40
<i>Alga Lainnya</i>	4,48 \pm 1,05	<i>Haemulidae</i>	12,64 \pm 6,69
		<i>Lutjanidae</i>	58,42 \pm 15,79
		<i>Serranidae</i>	17,04 \pm 6,56

Jika dibandingkan dengan rata-rata tutupan karang untuk masing-masing indikator di kawasan konservasi Bentang Laut Kepala Burung tahun 2021, rata-rata tutupan HCL di KKPD Selat Dampier sebesar 30,9% relatif lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata tutupan HCL di KKP di seluruh wilayah Kepala Burung Papua pada tahun 2018 yang sebesar 35,1%, walaupun secara statistik tidak berbeda signifikan. Rata-rata tutupan HCL antar tahun monitoring relatif stabil. Rata-rata tutupan benthic yang lain seperti karang lunak (*Soft Coral*), patahan karang (*Rubble*), karang memutih (*Bleached Coral*) dan alga lain (*Other Algae*) di KKPD Selat Dampier fluktuatif antar tahun monitoring. Walaupun tren tidak signifikan, tetapi karang lunak, karang mati dan alga lain berbeda antar tahun monitoring. tetapi tidak berbeda signifikan dan nilai rata-rata tidak berbeda dengan rata-rata di wilayah Kepala Burung Papua (Gambar 7).



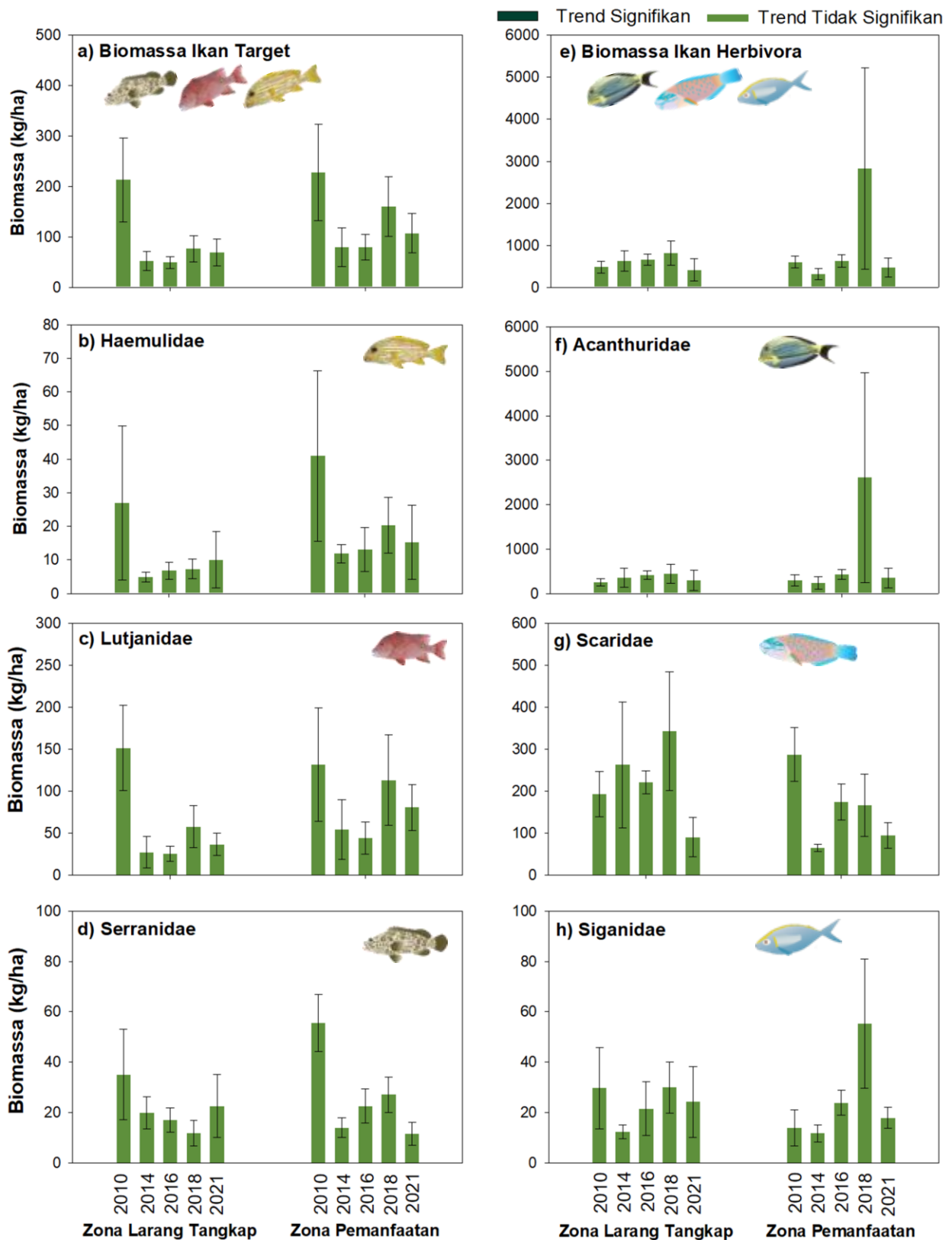
Gambar 7. Terumbu karang yang sehat di KKPD Selat Dampier (Photo: S4C LPPM Unipa/Awaludinnoer-YKAN)



Gambar 8. Rata-rata (\pm Simpangan Error) persentase tutupan benthic setelah monitoring kelima di KKPD Selat Dampier. Karang keras (a) termasuk semua bentuk karang keras hidup; Karang lunak (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 karnivora maupun herbivora antar tahun monitoring fluktuatif. Hal ini berlaku di Zona Larang Tangkap dan Zona Pemanfaatan.



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 di KKPD Selat Dampier sebesar 440,4 kg/ha, sedangkan rata-rata biomasa ikan karnivora sebesar 88,1 kg/ha (Tabel 2). Rata-rata biomasa ikan herbivora dan karnivora di KKPD Selat Dampier relatif lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata biomasa ikan di KKP di Bentang Laut Kepala Burung hasil monitoring tahun 2018.

Tren biomasa ikan herbivora di KKPD Selat Dampier mengalami penurunan jika dibandingkan monitoring tahun 2018, baik di zona larang tangkap maupun zona pemanfaatan. Demikian juga rata-rata biomasa ikan target cenderung mengalami penurunan dibanding tahun 2018 di semua zona, walaupun tren penurunannya tidak sebesar ikan herbivora. Tren menurunnya biomassa ikan di KKPD Selat Dampier ini diduga akibat meningkatnya penangkapan ikan oleh masyarakat yang sebelumnya mempunyai pekerjaan utama sebagai pelaku pariwisata. Pandemi *Covid-19* menyebabkan menurunnya bahkan hampir tidak ada kunjungan wisatawan ke KKPD Selat Dampier dan ke Raja Ampat secara umum. Kecenderungan tren penurunan biomassa ikan di KKPD Selat Dampier ini perlu menjadi perhatian pengelola KKPD dan perlu dianalisa lebih lanjut penyebabnya.

REKOMENDASI PENGELOLAAN

Adanya kompetisi pertumbuhan karang dengan alga dan *sponge* serta tren penurunan biomassa ikan diduga merupakan indikasi awal meningkatnya tekanan dari aktifitas manusia. Lokasi yang banyak alga cenderung di lokasi penyelaman yang relatif dekat dengan pemukiman penduduk seperti di Kampung Yenanas. Dugaan awal pertumbuhan alga yang dominan disebabkan oleh berkurangnya ikan herbivora pemakan alga dan juga adanya polusi atau kelebihan *nutrient* akibat dari aktivitas masyarakat dan rumah tangga di daratan (Birkeland C, 1982). 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).

Sedangkan penurunan biomassa ikan di KKPD Selat Dampier diduga berkaitan erat dengan penurunan kunjungan wisatawan ke KKPD Selat Dampier akibat pandemi *Covid-19*, sehingga menyebabkan beralihnya pekerjaan masyarakat dari sektor pariwisata menjadi nelayan penangkap ikan. Walaupun perlu dianalisa lebih lanjut, tetapi kondisi ini diduga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan penurunan biomassa ikan di KKPD Selat Dampier.

Indikasi awal adanya pemutihan karang atau *coral bleaching* diduga karena terjadinya kenaikan suhu permukaan air laut yang juga terjadi secara global beberapa bagian perairan Indonesia. Hal ini didukung adanya peringatan '*bleaching watch*' dari NOAA (<https://coralreefwatch.noaa.gov>) untuk wilayah Papua Barat termasuk di Selat Dampier, Raja Ampat.

Berdasar hasil monitoring tersebut, beberapa rekomendasi bagi pengelola KKPD Selat Dampier adalah:

- Meningkatkan aktifitas patroli pengawasan sehingga dapat mengelola dan memastikan aktifitas masyarakat yang menangkap ikan tidak memberikan dampak negatif bagi penurunan biomassa ikan di KKPD Selat Dampier.

- Melakukan kajian dampak pandemi *Covid-19* terhadap beralihnya pekerjaan masyarakat dari sektor pariwisata ke sektor perikanan, yang dapat mempengaruhi kondisi biomassa ikan di KKPD Selat Dampier, Raja Ampat.
- Meningkatkan kesadaran masyarakat untuk tidak membuang sampah, baik sampah rumah tangga berbentuk padat maupun cairan yang dapat mengakibatkan pencemaran.
- Bekerjasama dengan mitra lain seperti peneliti atau mahasiswa untuk melakukan penelitian yang dapat meningkatkan efektifitas pengelolaan KKPD Selat Dampier.
- Memantau fluktuasi suhu permukaan air laut yang dapat menyebabkan terjadinya pemutihan karang baik dari website NOAA maupun dari BMKG.

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.

Awaludinnoer... . 2020. Laporan monitoring pemutihan karang di Raja Ampat.

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^[1]_[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.

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, 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>.
- 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 herbivora dan spesies 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
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 Ikan Target Perikanan Kunci/Karnivora	Jumlah dari famili Serranidae, Lutjanidae, dan Haemulidae	Ikan Target 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 Herbivora Utama	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. (Angka yang dicetak tebal adalah indikasi adanya perbedaan yang signifikan secara statistik)

	Tahun <i>Apakah terjadi perubahan antar waktu?</i>	Zona <i>Apakah terjadi perbedaan antara Zona Larang Tangkap dan Zona Tangkap?</i>	Interaksi <i>Apakah perbedaan zona menyebabkan perubahan antar waktu?</i>
Gambar 7a) Karang Keras	0,171	0,182	0,867
7b) Karang Lunak	0,001	0,532	0,877
7c) Patahan Karang	0,510	0,384	0,751
7d) Karang Mati	0000	0,263	-
7e) Alga Lainnya	0,011	0,737	0,111
7f) CCA	0,275	0,268	-

Lampiran S3. Hasil pengujian ANOVA dua faktor perbedaan antar waktu (tahun) dan antar zona larang tangkap dan zona tangkap untuk biomasa ikan target dan kelompok ikan herbivora. Angka yang dicetak tebal adalah indikasi adanya perbedaan yang signifikan secara statistik)

	Tahun <i>Apakah terjadi perubahan antar waktu?</i>	Zona <i>Apakah terjadi perbedaan antara Zona Larang Tangkap dan Zona Tangkap?</i>	Interaksi <i>Apakah perbedaan zona menyebabkan perubahan antar waktu?</i>
Gambar 8a) Ikan target keseluruhan	0,038	0,115	0,940
8b) Haemulidae	0,553	0,067	-
8c) Lutjanidae	0,071	0,497	0,577
8d) Serranidae	0,711	0,052	0,043
Gambar 8e) Herbivora keseluruhan	0,046	0,669	0,654
8f) Acanthuridae	0,047	0,810	-
8g) Scaridae	0,005	0,421	0,409
8h) Siganidae	0,050	0,494	-

Lampiran S4: Tutupan karang per kategori dan biomasa famili ikan kunci di BLKB Periode Tahun 2017-2019. Semua nilai merupakan nilai rata-rata \pm standard error.

Tutupan Karang (%)		Biomassa Ikan (kg / ha)	
Karang Keras	33,5 \pm 36,7	Ikan Herbivora	462,1 \pm 752,8
Karang Lunak	10,5 \pm 12,5	Acanthuridae	270,5 \pm 552,1
Karang Memutih	< 1	Scaridae	129,0 \pm 162,2
Patahan Karang	22,1 \pm 24,9	Siganidae	40,6 \pm 60,6
CCA	< 1	Ikan Target	279,1 \pm 405,9
Alga Lainnya	5,2 \pm 7,0	Haemulidae	12,6 \pm 223,8
		Serranidae	23,3 \pm 32,4
		Lutjanidae	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/)