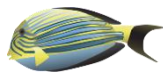




LAPORAN STATUS DAN TREN EKOLOGI KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN DAERAH KEPULAUAN MISOOL TAHUN 2019



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**



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 Misool 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: ©Purwanto-Universitas Papua

Tata Letak Peta: Irman Rumengan-Universitas Papua

LAPORAN STATUS EKOLOGI

KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN DAERAH KEPULAUAN MISOOOL

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).

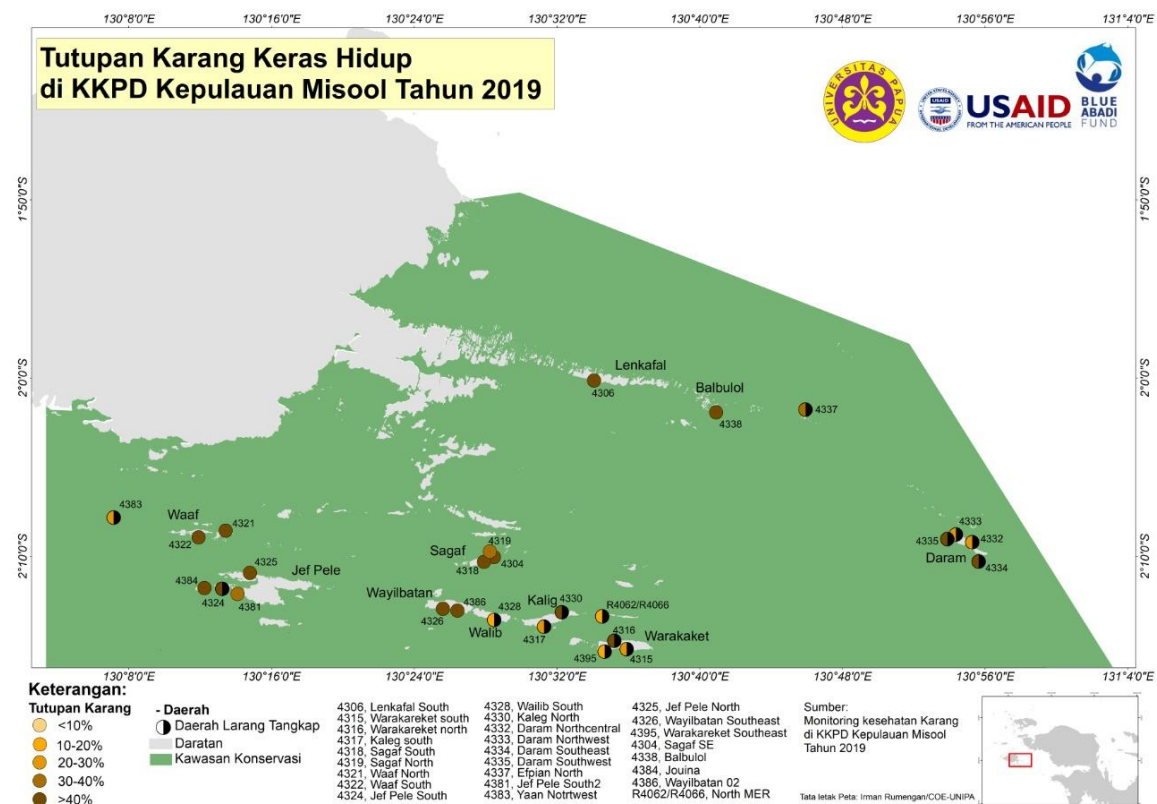
Sebagai pengakuan atas nilai-nilai konservasi terumbu karang dan pentingnya terumbu karang untuk mempertahankan mata pencaharian penduduk setempat, tujuh jaringan kawasan konservasi perairan (KKP) yang mencakup lebih dari 1 juta ha didirikan di Raja Ampat. Lima dari tujuh KKP dideklarasikan pada tahun 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 dengan keputusan 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.

KKP Misool Tenggara, yang selanjutnya disebut KKP Misool, adalah salah satu dari KKP di Raja Ampat. Menurut undang-undang Indonesia, KKP memungkinkan berbagai pemanfaatan yang diatur pengelolannya dengan rencana pengelolaan dan rencana zonasi. Pada tahun 2008, rencana pengelolaan dan zonasi dimulai untuk lima KKP di Kabupaten Raja Ampat, termasuk KKP Misool. Pada Oktober 2012, ada deklarasi tradisional 'adat' dari rencana zonasi untuk KKP Misool yang didukung oleh pemerintah Kabupaten. Misool adalah KKP terbesar di jaringan KKP Raja Ampat. Ini mencakup 366.000 hektar, termasuk 70.000 hektar (19%) di zona larang tangkap (No Take Zone- NTZ). Rencana zonasi mengintegrasikan pengetahuan dan praktik

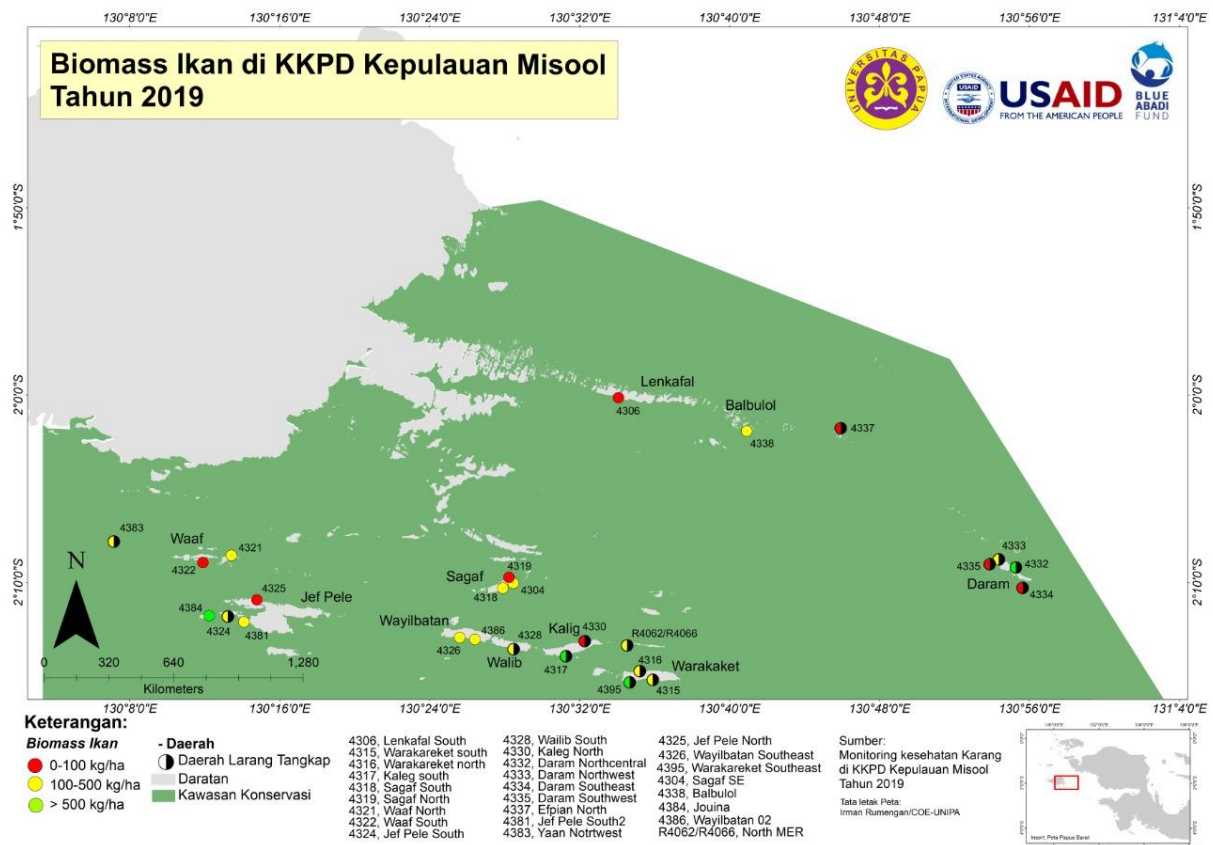
tradisional (termasuk sasi) dan informasi ilmiah untuk secara bersamaan menangani masalah perikanan, perubahan iklim, dan keanekaragaman hayati.

Data pemantauan kesehatan terumbu karang digunakan untuk mendukung pengembangan rencana pengelolaan dan zonasi, ketika dilakukan berulang dari waktu ke waktu, dapat digunakan untuk menilai efektivitas zonasi pengelolaan serta memberikan informasi untuk pengelolaan yang adaptif. Oleh karena itu pemantauan kesehatan karang dilakukan setiap tahun sebelum rencana zonasi ditetapkan dari 2009, 2010 dan 2011 dan setiap dua tahun pada Tahun 2013, 2015 dan 2017 setelah rencana zonasi ditetapkan. Metode pemantauan menggunakan protokol yang dikembangkan oleh Green dan Wilson (2009) dan dimodifikasi oleh Ahmadi et al (2012). Jumlah titik (site) yang dimonitor setiap tahun bervariasi dari 26 - 38 titik tergantung pada berbagai faktor dan tujuan. Dalam laporan ini kami menganalisis 24 data titik permanen dengan data Tahun 2011 sebagai data dasar sebelum penetapan zonasi dan tahun 2013, 2015 serta 2017 sebagai data pengulangan untuk mengevaluasi zonasi dan implementasi rencana pengelolaan.

Pada tanggal 26 September hingga 4 Oktober 2019, sebanyak 28 lokasi telah disurvei oleh tim monitoring yang terdiri dari UNIPA, DKP Provinsi Papua Barat, UPTD BLUD KKPD Raja Ampat, Tim Patroli KKPD Kepulauan Fam, CI Raja Ampat, TNC Raja Ampat, Balai Taman Nasional Teluk Cenderawasih, Yayasan Misool Baseftin dan sukarelawan. Di dalam laporan ini sebanyak 18 titik monitoring yang secara konsisten diambil datanya kemudian dianalisa dan dibandingkan dengan hasil monitoring sebelumnya.



Gambar 1. Peta tutupan karang keras hidup di KKPD Kepulauan Misool hasil monitoring Tahun 2019.



Gambar 2. Peta biomasa ikan di KKPD Kepulauan Misool hasil monitoring Tahun 2019.

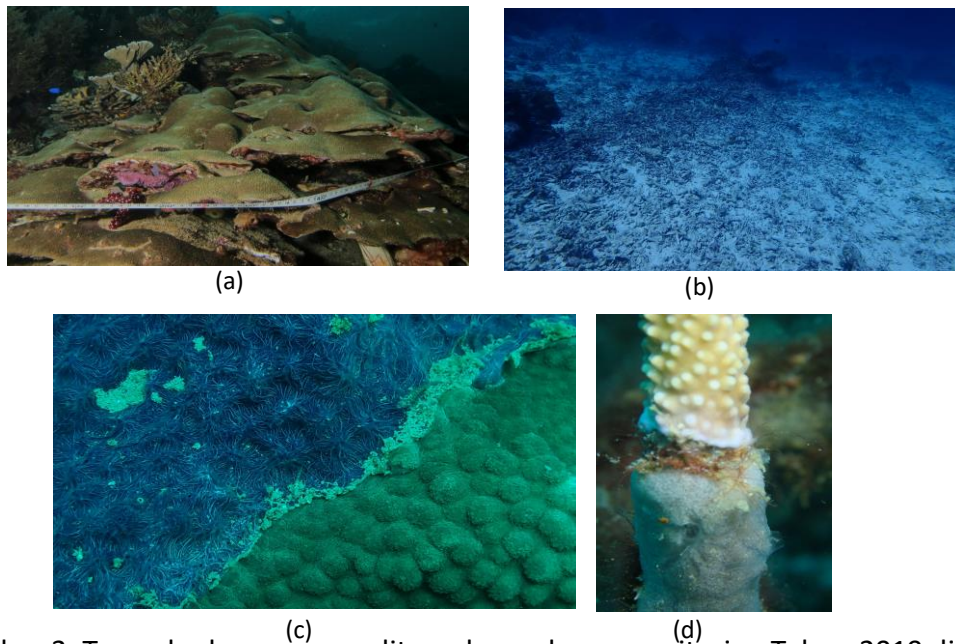
RINGKASAN HASIL MONITORING TAHUN 2019

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 (*coral bleaching*). Selain itu penyakit karang relatif kecil, yaitu dibawah 1%. Kondisi komunitas ikan masih tergolong sehat, dengan indikasi rantai makanan dalam kondisi lengkap dan seimbang serta masih ditemukannya famili ikan dari golongan karnivora dan herbivora yang berukuran besar maupun kecil. Ikan Kakatua besar (*Bumphead Parrotfish*) atau *Bolbometopon muricatum* merupakan salah satu jenis ikan ukuran besar yang sering ditemukan dalam kelompok besar sedangkan ikan puri atau pelagic kecil ditemukan dalam kelompok di hampir semua lokasi monitoring.

Beberapa hal menjadi temuan negatif saat monitoring, yaitu adanya penyakit karang, *filamentos alga* dan pertumbuhan sponge yang berkompetisi dengan terumbu karang yang hampir merata di semua titik monitoring. Ikan Hiu hanya ditemukan di beberapa titik penyelaman saja terutama di Pulau Daram (*Southeast Daram*) dan di Pulau Warakareket (*South Warakareket*). Bintang laut pemakan karang atau *Crown of Thorn Strafish / CoT* (*Acanthaster plancii*) dalam jumlah besar (80 ekor) ditemukan di satu lokasi monitoring yaitu di Lenkafal.

Selama kegiatan monitoring, tim monitoring mencatat banyak bagan yang beroperasi di dalam KKP Misool dan budidaya mutiara yang baru beroperasi di perairan dekat Pulau Waaf. Kapal wisata juga banyak ditemukan selama kegiatan monitoring dilakukan. Gelombang besar

dan angin kencang dari arah selatan juga menjadi kendala sehingga tim mengalami kesulitan dalam pengambilan data di beberapa titik monitoring terutama di bagian selatan KKP Misool.



Gambar 3. Terumbu karang yang ditemukan selama monitoring Tahun 2019 di KKP Misool, terumbu karang yang sehat (a); patahan karang (b); kompetisi alga dengan terumbu karang (c), Filamentous algae “menyerang” terumbu karang (d). (foto (a), (c) dan (d): Awaludinnoer/TNC, (b): Purwanto).

Tabel 1: Tutupan karang per kategori dan biomasa famili ikan kunci di KKP Misool Tahun 2019. Semua nilai merupakan nilai rata-rata \pm standard error.

Tutupan Karang (%)		Biomassa Ikan (kg / ha)	
<i>Hard Coral (HCL)</i>	38,8 \pm 3,3	<i>Ikan Fungsional Penting</i>	445,3 \pm 180,1
<i>Soft Coral</i>	14,7 \pm 2,4	<i>Acanthuridae</i>	264,2 \pm 177,5
<i>Bleached Coral</i>	0,02 \pm 0,02	<i>Scaridae</i>	144,3 \pm 36,1
<i>Rubble</i>	18,2 \pm 3,6	<i>Siganidae</i>	36,8 \pm 9,1
CCA	2,8 \pm 0,6	<i>Perikanan Kunci</i>	174,1 \pm 51,5
<i>Other Algae</i>	8,5 \pm 2,4	<i>Haemulidae</i>	15,3 \pm 6,9
<i>Dead Coral</i>	0,2 \pm 0,1	<i>Lutjanidae</i>	129,9 \pm 48,1
		<i>Serranidae</i>	28,9 \pm 6,5

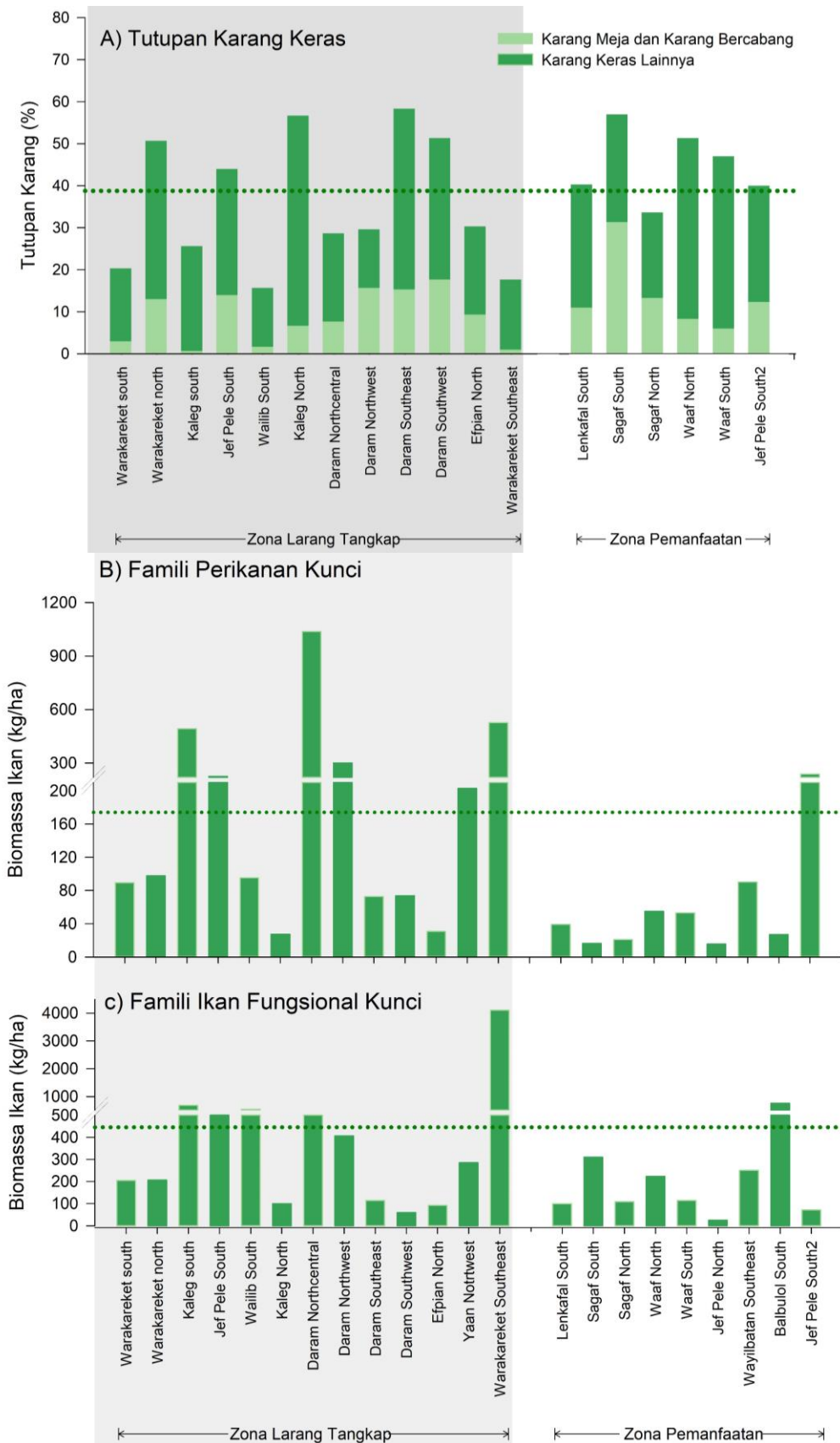
Persentase tutupan karang hidup (karang keras dan karang lunak) di Misool sebesar 53,5% tergolong cukup tinggi. Tutupan karang keras hidup sebesar 38,8% (Tabel 1) tergolong relatif tinggi dan lebih tinggi jika dibandingkan dengan rata-rata tutupan karang di KKP lain di Raja Ampat maupun secara umum di Bentang Laut Kepala Burung.

Keadaan Ikan fungsional penting untuk ekologi yang dalam laporan ini disebut sebagai ikan herbivora dan ikan penting secara ekonomi atau ikan karnivora masih tergolong sedang.

Tetapi nilainya relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan Kawasan lain di Raja dan di Bentang Laut Kepala Burung. Biomassa kelompok ikan kulit pasir atau family Acanthuridae merupakan family dengan biomasa tertinggi untuk kelompok ikan Herbivora, sedangkan ikan kakap atau family Lutjanidae yang tertinggi untuk kelompok ikan karnivora yang penting secara ekonomi bagi masyarakat (Tabel 1).

Hasil monitoring Tahun 2019 menunjukkan bahwa rata-rata tutupan Karang Keras Hidup (HCL) sebesar 38,8% (Tabel 1) dan tutupan HCL tertinggi sebesar 58,3% di lokasi monitoring Daram Southeast dan terendah sebesar 15,7% di Wailib South. Terdapat 6 lokasi monitoring yang tutupan HCL nya lebih dari 50%, dan hanya 2 lokasi tutupan HCL nya kurang dari 20% (Gambar 3a). Rata-rata tutupan HCL di Zona Larang Pemanfaatan relatif sama dan tidak berbeda signifikan jika dibandingkan dengan di Zona Pemanfaatan (Gambar 3a).

Rata-rata biomasa ikan sangat bervariasi antar lokasi monitoring dan antar zona. Di Zona Larang Tangkap nilai rata-rata biomassa ikan karnivora tertinggi di Daram Northcentral sebesar 1.038,1 kg/ha dan terendah di Kaleg North sebesar 27,5 kg/ha. Sedangkan di Zona Pemanfaatan biomasa ikan karnivore tertinggi di Jef Pele South 2 sebesar 237,7 kg/ha (Gambar 3b) dan terendah di Jef Pele North sebesar 15,7 kg/ha. Biomasa ikan herbivora yang mempunyai fungsi ekologi sangat penting tertinggi di Zona Larang Tangkap berada di lokasi Warakareket Southeast yang mencapai lebih dari 4000 kg/ha dan yang terendah di Daram Southwest sebesar 59,4 kg/ha. Sedangkan di Zona Pemanfaatan nilai tertinggi di Balbulol South (759,2 kg/ha) dan terendah di Jef Pele North sebesar 25,6 kg/ha (Gambar 3c).



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

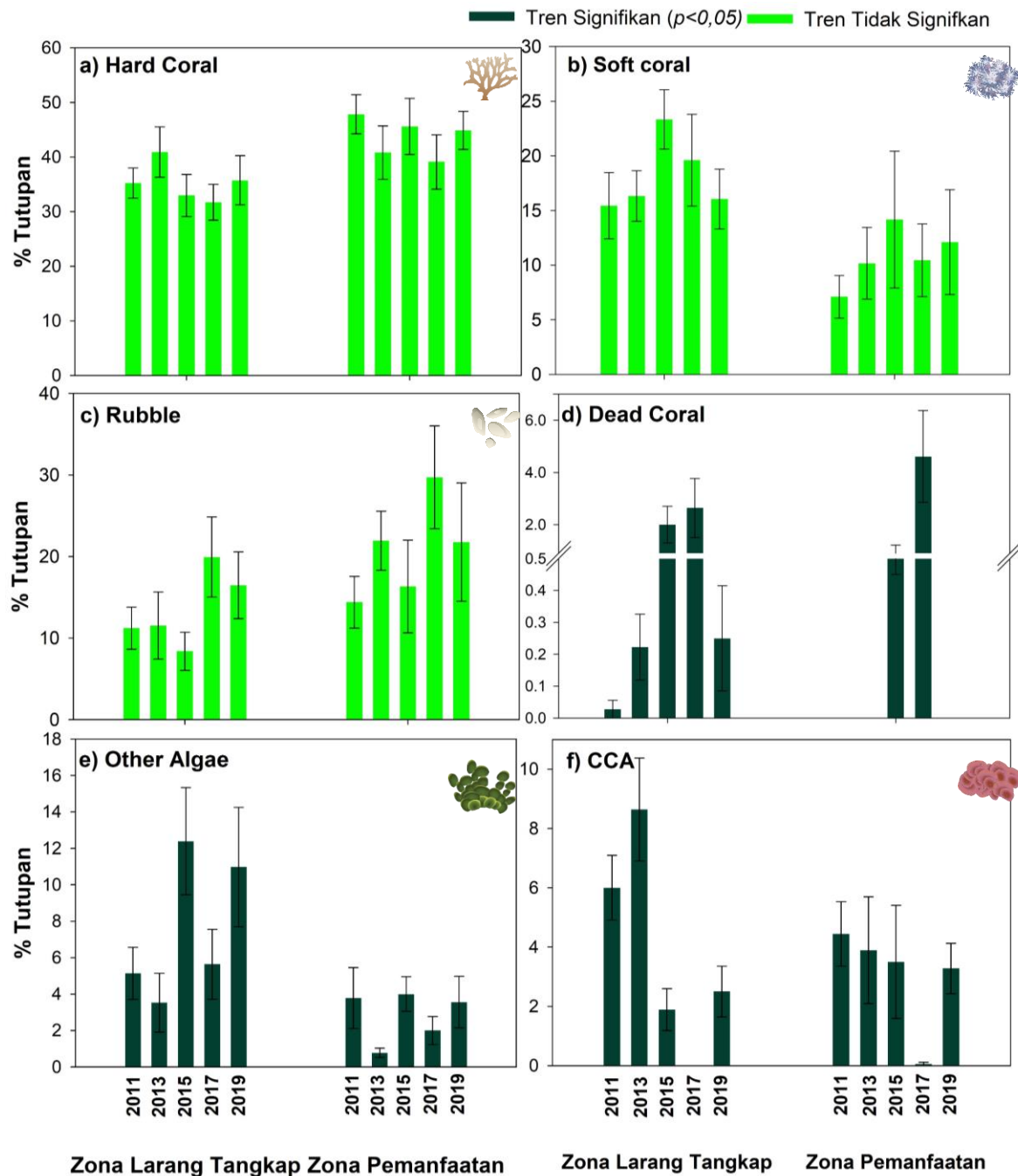
Tutupan Karang

Jika dibandingkan dengan rata-rata tutupan karang untuk masing-masing indikator di kawasan konservasi Bentang Laut Kepala Burung, rata-rata tutupan HCL di KKP Misool Tahun 2019 sebesar 38,8% relatif lebih tinggi jika 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, walaupun sedikit fluktuatif tetapi tidak berbeda secara signifikan. Tutupan HCL antar zona juga bervariasi (Gambar 5a) dan berbeda signifikan antara zona pemanfaatan dan zona larang tangkap ($P = 0,004$; Lampiran 2).

Rata-rata persentase tutupan karang lunak (*Soft Coral*) bervariasi dan fluktuatif antar tahun pengamatan tetapi tidak berbeda signifikan (Gambar 5b) tetapi berbeda signifikan antar zona ($P = 0,000$; Lampiran 2). Persentase tutupan patahan karang (*Rubble*) cenderung meningkat antar tahun pengamatan di semua zona walaupun tidak berbeda signifikan. Ada perbedaan yang signifikan untuk tutupan *Rubble* di Zona Pemanfaatan dan di Zona Larang Tangkap (Gambar 5c).

Rata-rata persentase tutupan karang mati (*Dead Coral*) secara umum relative rendah ($> 5\%$) tetapi cukup fluktuatif antar tahun pengamatan. Terjadi peningkatan *Dead Coral* hingga monitoring ke-4 (2017) tetapi mengalami penurunan signifikan di monitoring tahun ke-5 atau pada monitoring Tahun 2019. Tutupan *Dead Coral* cenderung lebih tinggi di Zona Larang Tangkap dibanding dengan di Zona Pemanfaatan walaupun tidak berbeda secara signifikan (Gambar 5d).

Rata-rata persentase tutupan dan alga lain (*Other Algae*) dan *Crustose Coraline Algae* (CCA) di KKP Misool bervariasi dan fluktuatif antar tahun monitoring dan antar zona. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada kedua tutupan benthic tersebut antar tahun monitoring (Lampiran 2). Tutupan alga berbeda signifikan antar zona, yakni cenderung meningkat di Zona Larang Tangkap dan relatif stabil di Zona Pemanfaatan. Sedangkan tutupan CCA cenderung menurun di kedua zona (Gambar 5e dan 5f).

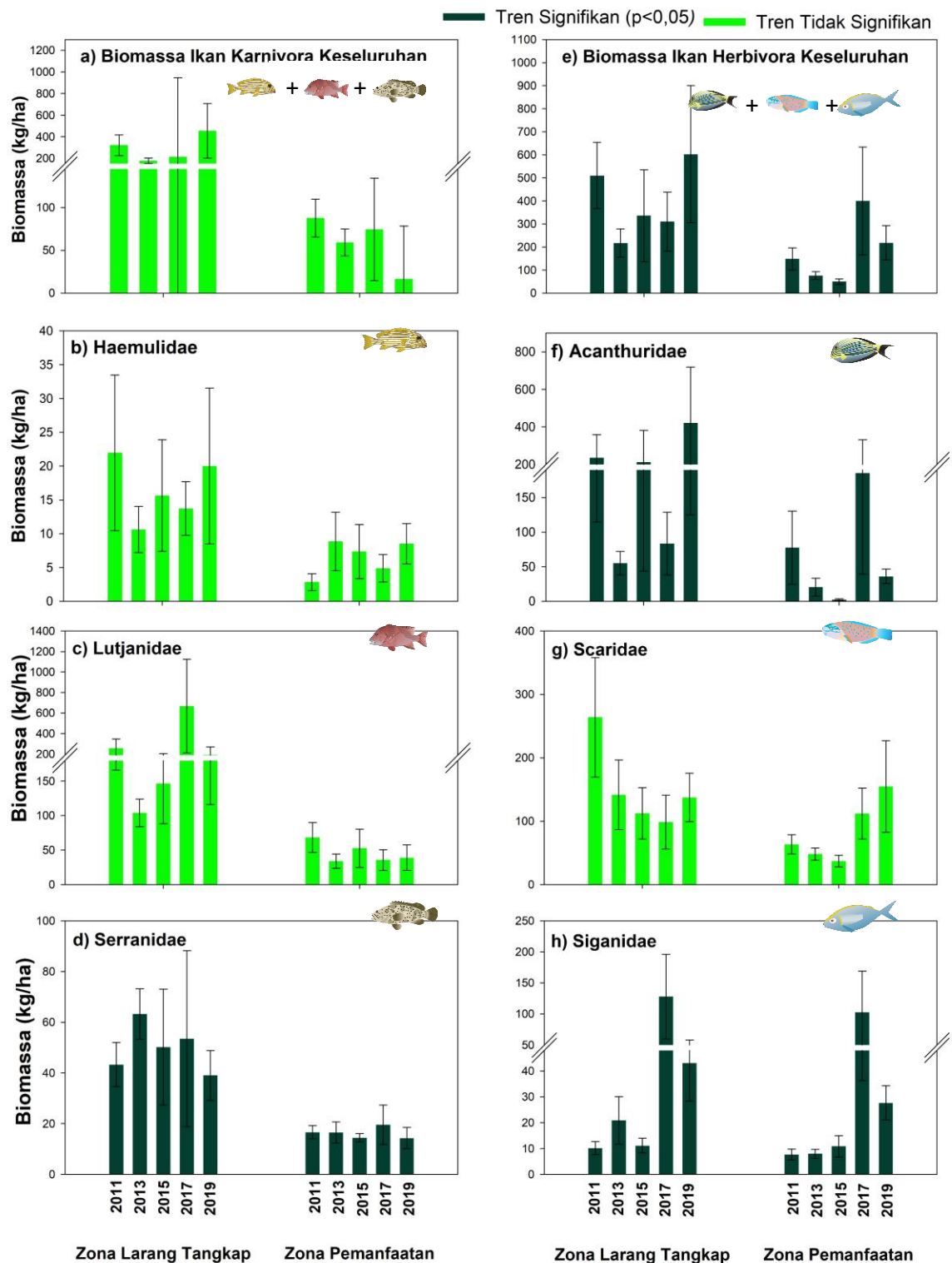


Gambar 5. Rata-rata (\pm Simpangan Error) persentase tutupan karang setelah monitoring kelima pada KKP Misool. Hard Coral (a) termasuk semua bentuk karang keras hidup; Soft Coral (b) termasuk octocorals seperti gorgonians dan sea whips; Rubble (c) termasuk karang mati yang tidak melekat; Dead Coral (d) 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

Rata-rata biomasa ikan karnivora di KKP Misool relatif stabil antar tahun monitoring. Biomassa ikan karnivora di Zona Larang lebih tinggi jika dibandingkan di Zona Pemanfaatan ($P = 0,000$; Lampiran 2). Sedangkan rata-rata biomassa ikan herbivora berfluktuasi dan

bervariasi antar tahun monitoring dan antar zona serta berbeda secara signifikan (Gambar 6a dan 6b).



Gambar 6. Rata-rata (\pm SE) biomassa famili ikan kunci pada Zona Larang Tangkap dan Zona tangkap setelah lima monitoring pada KKPD Kepulauan Misool. 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 karnivora yang secara ekonomi sangat penting karena merupakan target tangkapan masyarakat di KKP Misool sebesar 174,1 kg/ha. Biomassa ikan karnivora di Zona Larang Tangkap relatif lebih tinggi dibanding dengan di Zona Pemanfaatan. Biomasa ikan karnivora di Zona Larang Tangkap menunjukkan kecenderungan peningkatan dibandingkan dengan monitoring tahun sebelumnya, hal ini berbeda dengan di Zona Pemanfaatan yang cenderung mengalami penurunan biomasa ikan walaupun tidak berbeda secara signifikan (Gambar 6a). Ketiga famili ikan karnivora penting yaitu ikan bibir manis atau Haemulidae, ikan kakap atau Lutjanidae dan ikan kerapu atau Serranidae menunjukkan pola yang sama antar tahun monitoring dan antar zona di KKP Misool. Di Zona Larang Tangkap relatif lebih tinggi dibandingkan dengan di Zona Pemanfaatan. Ikan Haemulidae dan Lutjanidae tidak berbeda secara signifikan antar tahun, tetapi Ikan Serranidae berbeda secara signifikan baik antar tahun maupun antar zona. Berbeda dengan Ikan Haemulidae, biomassa Ikan Lutjanidae berbeda antar zona (Gambar 6b, 6c, 6d dan Lampiran 2).

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. Hasil monitoring Tahun 2019 menunjukkan bahwa biomassa ikan herbivora di KKP Misool sebesar 445,3 kg/ha. Biomasa ikan herbivora mengalami peningkatan antar tahun monitoring dan berbeda signifikan antar zona. Secara umum, biomasa ikan herbivora di Zona Larang Tangkap lebih tinggi dibandingkan dengan di Zona Pemanfaatan dan berbeda secara signifikan kecuali famili Ikan Kakatua / Scaridae yang tidak berbeda secara signifikan (pada alfa 0,05) (Gambar 6f, 6g dan 6h).

REKOMENDASI PENGELOLAAN

Terumbu karang di KKP Misool termasuk terumbu yang sehat seperti di jejaring KKP Raja Ampat pada umumnya. Pengelola kawasan harus fokus pada pemeliharaan kondisi saat ini dan mengurangi ancaman di masa depan. Sistem pengawasan dan patroli terpadu Misool harus terus dan dilaksanakan secara konsisten mengikuti protokol yang sesuai.

Adanya *overgrowth* alga dan dominasi *rubble* di beberapa lokasi monitoring, berkurangnya jumlah ikan Hiu yang ditemukan selama monitoring diduga 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). Walaupun masih sedikit, tetapi ditemukannya penyakit karang seperti *White dab Black Band Disease* dan adanya indikasi melimpahnya bintang laut berduri – *Croen of Thorn Star-fish* (CoT) menunjukkan faktor *anthropogenic* menjadi ancaman utama di KKP Misool.

Dua jenis perikanan di KKP Misool yang perlu perhatian adalah ikan kerapu dan ikan teri. Baik ikan kerapu maupun ikan teri berasal dari luar Misool dan Raja Ampat dan berpotensi menyebabkan penangkapan ikan berlebihan di kawasan ini. Kerapu ditargetkan oleh pedagang ikan segar dan ikan teri ditargetkan oleh nelayan yang menggunakan bagan maupun masyarakat lokal yang menangkap dengan jaring. Manajer KKL harus memperhatikan dan mengendalikan kedua perikanan untuk menghindari penangkapan ikan berlebihan di daerah tersebut.

Meningkatnya jumlah wisatawan dan pengunjung ke Misool karena akses transportasi yang lebih mudah - feri reguler dari Sorong dan lebih banyak homestay murah di Misool harus diantisipasi oleh pengelola kawasan.

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 KKP Misool.
- Menerapkan aturan pemanfaatan perikanan di setiap zonasi KKP Misool dengan konsisten dan jika diperlukan membuat aturan mengenai pemanfaatan perikanan di KKP Misool secara khusus terutama perikanan bagan puri, perikanan kerapu dan budidaya mutiara.
- 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 KKP Misool.
- Bekerja sama dengan pelaku wisata seperti homestay, kapal pesiar dan operator selam serta masyarakat untuk melakukan monitoring dan melaporkan setiap kejadian pelanggaran dan ancaman terumbu karang di Misool kepada pengelola atau UPTD BLUD Raja Ampat.

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 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^[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.
- 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>.
- 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.
- 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 mengkonsumsi alga, menyisakan ruang terbuka bagi karang dewasa untuk tumbuh dan bagi bayi karang untuk bertahan.
	Acanthuridae	Butana	
	Scaridae	Kakatua	
Siganidae	Baronang		

Lampiran 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 terjadi perbedaan antara Zona Larang Tangkap dan Zona Tangkap?</i>	Interaksi <i>Apakah perbedaan zona menyebabkan perubahan antar waktu?</i>
Figure 3a) Hard Coral	0,571	0,004	0,609
3b) Soft Coral	0,378	0,000	0,944
3c) Recently Dead Coral	0,000	0,307	-
3d) Rubble	0,123	0,005	0,828
3e) Other Algae	0,000	0,009	0,850
3f) CCA	0,000	0,866	0,148

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 terjadi perbedaan antara Zona Larang Tangkap dan Zona Tangkap?</i>	Interaksi <i>Apakah perbedaan zona menyebabkan perubahan antar waktu?</i>
Figure 4a) Fisheries Families	0,538	0,000	0,749
4b) Serranidae	0,049	0,000	-
4c) Lutjanidae	0,463	0,000	-
4d) Haemulidae	0,794	0,279	-
Figure 4e) Functional Families	0,003	0,001	-
4f) Acanthuriadae	0,000	0,345	0,466
4g) Scaridae	0,063	0,076	-
4e) Siganidae	0,003	0,527	-

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/)*