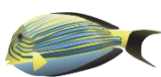




**LAPORAN STATUS EKOLOGI
KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN KEPULAUAN AYAU – ASIA, RAJA AMPAT
TAHUN 2021**



Coral Cover



**Key Fish
Functional**



**Key Fisheries
Species**



DI SUSUN OLEH

DARIANI MATUALAGE¹⁾, HABEMA F. Y. MONIM¹⁾, PURWANTO¹⁾, IRMAN RUMENGAN¹⁾, ASER BURDAM²⁾, ELVIS MAMBRAKU²⁾, IMANUEL MOFU²⁾, AWALUDINNOER³⁾, NUGRAHA MAULANA⁴⁾, MULYADI⁵⁾, LA HAMID⁵⁾, DAUD ORISU, BERNARDUS DUWIT



CONSERVATION
INTERNATIONAL



Konservasi
Alam Nusantara
Untuk Indonesia Lestari



SARAN SITASI

Dariani Matualage¹⁾, Habema F. Y. Monim¹⁾, Purwanto¹⁾, Irman Rumengan¹⁾, Aser Burdam²⁾, Elvis Mambraku²⁾, Imanuel Mofu²⁾, Awaludinnoer³⁾, Nugraha Maulana⁴⁾, Mulyadi⁵⁾, La Hamid⁵⁾, Daud Orisu, Bernardus Duwit. 2021. *Laporan Status Ekologi Kawasan Konservasi Kepulauan Ayau-Asia, Raja Ampat Tahun 2021*. ¹⁾Universitas Papua, ²⁾Unit Pelaksana Teknis KKP Raja Ampat, ³⁾Yayasan Konservasi Alam Nusantara, ⁴⁾Conservation International, ⁵⁾Balai Besar Taman Nasional Teluk Cenderawasih. Manokwari, Sorong, Raja Ampat.

Foto Sampul: S4C LPPM Unipa/Irman Rumengan
Tata Letak Peta: Irman Rumengan

PENDAHULUAN

Kepulauan Raja Ampat meliputi 4 juta hektar laut dan daratan 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 planet ini (Veron dkk. 2009, Allen dan Erdman 2009, 2012, Mangubhai dkk. 2012) dan merupakan prioritas global untuk konservasi. 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 sangat penting bagi masyarakat setempat karena mereka mendukung perikanan dan sumber daya invertebrata (misalnya teripang dan lola). Seperti banyak orang di wilayah pesisir Indonesia, masyarakat di Raja Ampat bergantung pada terumbu karang mereka sebagai sumber makanan dan pendapatan melalui perikanan dan pariwisata (Larsen et al. 2011). Namun, kesehatan karang dan perikanan yang terkait di Indonesia, termasuk di Raja Ampat, terancam oleh penggunaan metode penangkapan ikan yang merusak seperti peledak 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 peranan pentingnya untuk mempertahankan mata pencaharian penduduk setempat, jaringan tujuh 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 jejaring KKP Raja Ampat. Kementerian Kelautan dan Perikanan mendukung pengelolaan dan menetapkan KKP Kepulauan Raja Ampat dengan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 36/KEPMEN-KP/2014 sebagai kawasan konservasi perairan yang dikelola oleh pemerintah Kabupaten Raja Ampat dalam bentuk Taman Wisata Perairan (TWP) Kepulauan Raja Ampat. Sebagai mandat UU No 23 tahun 2014 pengelolaan TWP Raja Ampat dialihkan ke tingkat Provinsi Papua Barat dan ditetapkan dengan Surat Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 13/KEPMEN-KP/2021. Tujuan utama pembentukan jejaring KKP Raja Ampat adalah untuk melestarikan habitat ikan, fungsi reproduksi dan stok serta memastikan perikanan dan penggunaan sumber daya laut lainnya yang berkelanjutan.

Salah satu wilayah yang termasuk dalam KKPD Kepulauan Raja Ampat adalah KKPD Kepulauan Ayau-Asia, yang masuk dalam area pengelolaan 1 TWP Raja Ampat dengan luas wilayah 101.440 Ha. Luas wilayah ini kemudian mengalami perubahan menjadi 100.008,99 ha berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan RI Nomor 13 Tahun 2021 tentang Kawasan

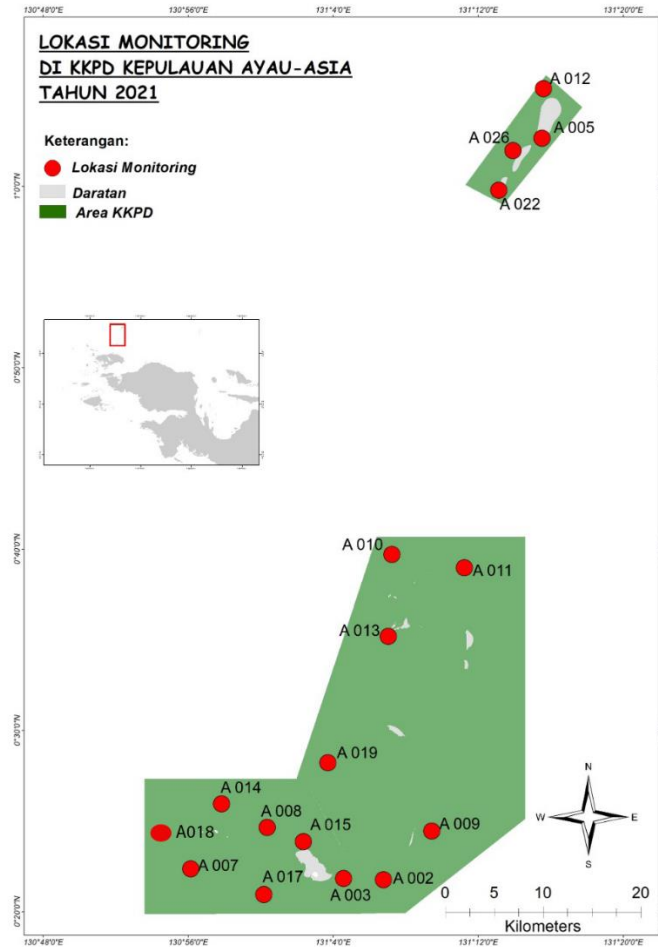
Konservasi di Perairan Kepulauan Raja Ampat di Provinsi Papua Barat. Luasan ini terdiri dari beberapa zonasi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Sistem Zonasi dan Luasan KKPD Kepulauan Ayau-Asia

No	Nama Zona	Luas
1	Zona Inti	1.000,83 ha
2	Zona Pemanfaatan Terbatas	39.235,60 ha
3	Zona Lain, yaitu Zona Jalur Lalulintas Kapal	3.295,11 ha
4	Zona Lain, yaitu Zona Sasi	56.474,45 ha

Monitoring kesehatan karang dilaksanakan dengan tujuan untuk mengumpulkan data terkini mengenai kondisi Kesehatan karang di KKPD Kepulauan Ayau-Asia. Data ini sebagai dasar pertimbangan dalam pengelolaan, 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 yang dimonitor setiap tahun bervariasi tergantung pada beberapa faktor dan tujuan khusus pada saat monitoring. Dalam laporan ini kami menganalisis 16 data yang konsisten diambil setiap monitoring. Data tahun 2010 digunakan sebagai data dasar sebelum penetapan zonasi dan data tahun 2014, 2016, 2018 dan 2021 sebagai data pengulangan untuk mengevaluasi zonasi dan implementasi rencana pengelolaan. Persentase tutupan karang keras hidup dan biomassa ikan digunakan untuk analisis dan indikator utama kesehatan karang. Kelompok ikan yang digunakan untuk analisa data dalam laporan ini dibagi menjadi dua kelompok yaitu ikan herbivora dan ikan target (ikan karnivora). Ikan herbivora terdiri dari famili ikan kakatua (Scaridae), famili ikan baronang/samandar (Siganidae) dan famili ikan kulit pasir (Acanthuridae). Ikan herbivora mempunyai fungsi ekologi bagi ekosistem terumbu karang yang sangat penting karena memakan alga, sehingga dapat membersihkan substrat yang memungkinkan larva karang dapat menempel dan terumbu karang dapat tumbuh dengan baik. Ikan target yang merupakan ikan 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).

Pada tahun 2021, kegiatan monitoring dilakukan pada tanggal 24 - 26 April 2021 di 19 titik monitoring (8 titik termasuk dalam Zona Larang Tangkap dan 8 titik masuk dalam Zona Pemanfaatan). Khusus untuk analisis data karang menggunakan 9 titik monitoring, tetapi untuk analisis data ikan menggunakan 16 titik. Tim pemantauan terdiri dari berbagai instansi yaitu Universitas Papua melalui Lembaga penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM), UPTD DKP BLUD Raja-Ampat, Yayasan Konservasi Alam Nusantara, Conservation International, Balai Besar Taman Nasional Teluk Cenderawasih, dan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Papua.



Gambar 1. Peta lokasi monitoring kesehatan karang di KKP Kepulauan Ayau tahun 2021.

Ringkasan Hasil Monitoring tahun 2021

Sebagai salah satu pulau terluar yang ada di Indonesia, terumbu karang yang mengelilingi Kepulauan Ayau memiliki ancaman akibat gelombang yang besar dari Samudra Pasifik. Walaupun demikian, kondisi karang secara umum sehat dan tidak ditemukan penyakit karang. Bentuk pertumbuhan karang didominasi oleh karang keras seperti karang menjalar, karang masif dan juga karang bercabang. Ditemukan juga karang lunak di setiap titik penyelaman dan juga *makro algae* jenis Halimeda, namun hanya di beberapa titik penyelaman saja. Beberapa temuan yang perlu mendapat perhatian:

- Ditemukan karang dalam kondisi memutih baik karang keras, karang lunak maupun anemone walaupun dalam persentase yang kecil (<5%) pada hampir semua titik penyelaman.
- Terlihat patahan karang akibat bom, baik bom lama maupun bekas bom baru. Bom baru ditemukan di 2 tempat di lokasi A20 (*South East Mof Island*)
- Beberapa titik penyelaman ditemukan karang meja yang patah dan terbalik. Kondisi ini diduga akibat gempa dan gelombang besar yang terjadi pada awal tahun 2021.

- Ditemukan sampah plastik di permukaan, sampah nelon tali pancing, tali jangkar, karung, kayu di dasar laut.
- Ditemukan juga nelayan yang berburu penyu di sekitar lokasi A12 (Sebelah utara Pulau Fani).



Gambar 2. Tutupan karang keras di KKPD Ayau-Asia (Foto: Habema Monim/LPPM UNIPA)

Kondisi ikan secara umum masih dalam keadaan sehat dan populasi rantai makanan masih seimbang. Ini dapat terlihat dari temuan di lapangan berupa ikan predator yang berukuran besar dan kecil, seperti ikan kerapu, ikan kakap, ikan bubara, dan juga ikan barakuda hingga ikan-ikan berukuran kecil. Ikan bubara, ikan kakap dan ikan barakuda ditemukan berkelompok dalam jumlah yang banyak dan diperkirakan mencapai ratusan hingga ribuan ekor. Kelompok ikan ini ditemukan di *Reef Abor*. Selain ikan predator, ikan herbivora juga masih dalam kondisi sehat, ikan herbivora yang ditemukan seperti Ikan Kakatua, Ikan Kulit Pasir dalam kelompok dengan jumlah yang besar, selain itu juga masih ditemukan *Bumphead Parrotfish* dan *Napoleon* yang ditemukan di beberapa lokasi penyelaman. Ikan kecil seperti lalosi juga ditemukan hampir disetiap lokasi penyelaman.

Selama pengamatan tim juga menemukan Ikan Hiu Karang Sirip Hitam atau *Blacktip Reef Sharks* (*Carcharhinus melanopterus*), Ikan Hiu Karang Sirip Putih atau *Whitetip Reef Sharks* (*Triaenodon obesus*) dan Ikan Hiu Karang Sirip Abu-Abu atau *Grey Reef Sharks* (*Carcharhinus amblyrhinchos*) di beberapa titik penyelaman. Tim juga menemukan *Eagle Ray* (*Aetobatus narinari*) dan Pari Manta (*Mobula alfredi*) yang berada di sekitar titik penyelaman. Keradaan Pari Manta ini diduga berkaitan dengan banyaknya ikan-ikan berukuran kecil yang menandakan adanya plankton sebagai produsen primer di perairan yang merupakan makanan bagi Pari Manta.

Temuan lain yang menarik adalah Kima atau *Tridacna*, teripang, Belut Moray, Penyu Sisik, Penyu Hijau serta Siput Lola. Walaupun hanya ditemukan pada beberapa titik penyelaman saja, tetapi penemuan ini menandakan kondisi perairan masih baik.



Gambar 3. Schooling ikan *Lutjanus gibbus* (Foto: Habema Monim/S4C UNIPA)

Keadaan Benthic tahun 2021

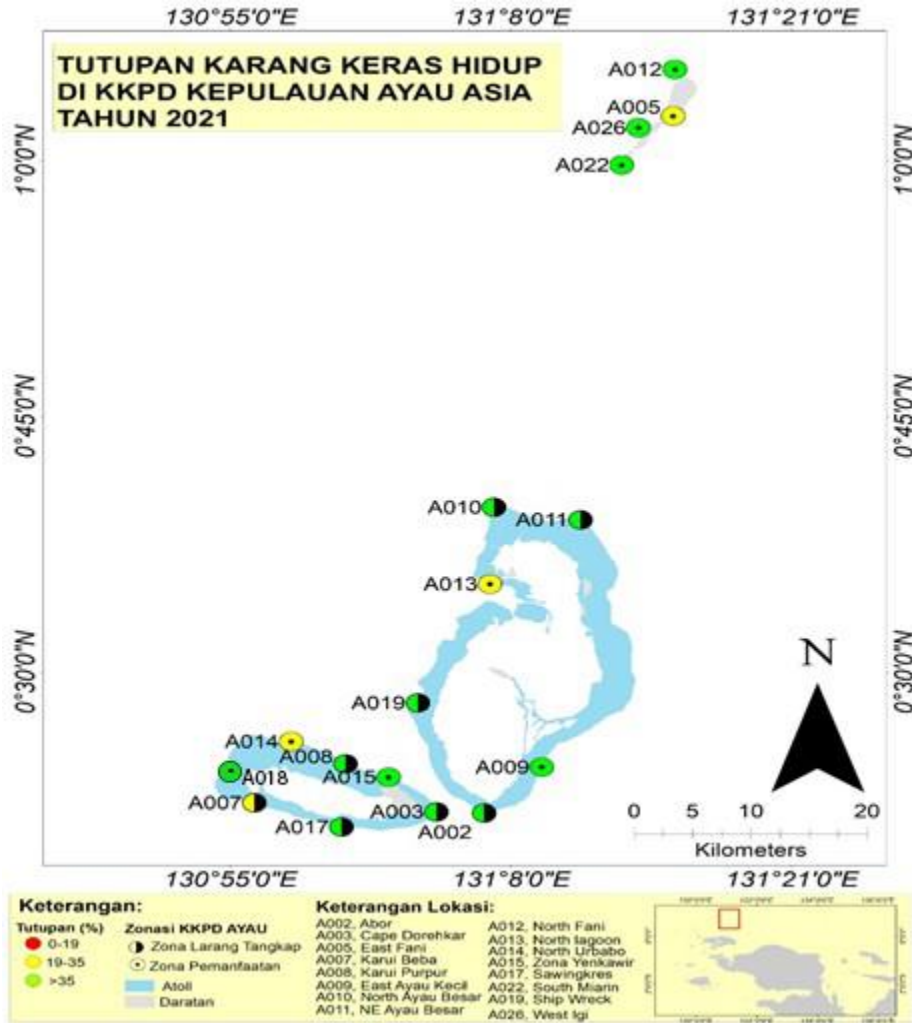
Rata-rata persentase tutupan karang keras di KKPD Kepulauan Ayau Asia cukup tinggi, yaitu 39% (Tabel 2), lebih tinggi dari rata-rata tutupan karang keras di BLKB tahun 2017-2019 (Tabel S4). Tutupan karang lunak, karang mati dan patahan karang lebih rendah bila dibandingkan dengan di BLKB. Namun demikian, tutupan alga lain sangat tinggi di wilayah KKPD Kepulauan Ayau-Asia ini, dan juga karang memutih paling tinggi ditemukan di wilayah ini bila dibandingkan di wilayah lain di Raja Ampat pada saat pemantauan tahun ini.

Tabel 2. Tutupan karang per kategori dan biomasa famili ikan kunci di KKP Ayau tahun 2021. Semua nilai merupakan nilai rata-rata \pm standard error.

Tutupan Karang (%)		Biomassa Ikan (kg / ha)	
Karang Keras	39 \pm 4,15	<i>Fungsional Penting</i>	420,56 \pm 86,39
Karang Lunak	8,96 \pm 2,32	<i>Acanthuridae</i>	154,59 \pm 44,44
Karang Mati	1,63 \pm 0,41	<i>Scaridae</i>	247,68 \pm 84,62
Patahan karang	10,11 \pm 3,87	<i>Siganidae</i>	18,29 \pm 3,34
CCA	0,07 \pm 0,07	<i>Perikanan Penting</i>	2.532,56 \pm 1.131,36
Alga Lain	13,04 \pm 2,46	<i>Haemulidae</i>	17,55 \pm 6,37
Karang Memutih	3,15 \pm 1,58	<i>Lutjanidae</i>	2.490,156 \pm 1.132,78
		<i>Serranidae</i>	24,86 \pm 5,64

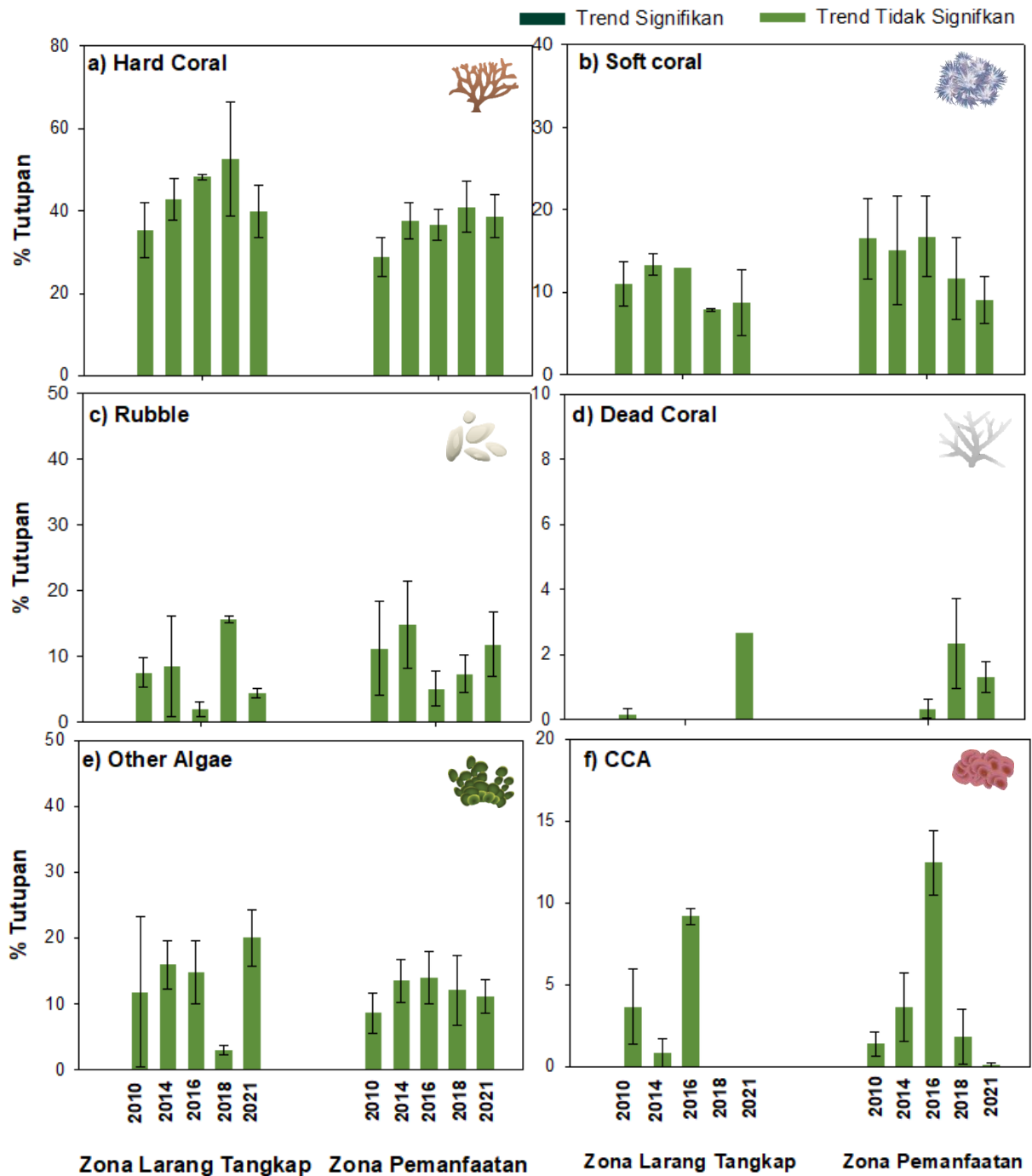
Tutupan karang keras yang tinggi di wilayah ini hampir merata di lokasi-lokasi monitoring. Sebagian besar lokasi (12 lokasi) memiliki tutupan karang yang lebih dari 35%, dan sisanya (4 lokasi) memiliki tutupan karang keras 19-35%. Keempat lokasi yang memiliki tutupan karang

keras 19-35%, 3 lokasi merupakan Zona Pemanfaatan dan 1 lokasi masuk dalam Zona Larang Tangkap.



Gambar 4. Peta tutupan karang keras hidup di KKPD Kepulauan Ayau-Asia tahun 2021

Tutupan karang keras relatif stabil sejak *baseline* hingga tahun 2021, tetapi terlihat sedikit menurun dibanding 2018. Tutupan karang lunak dan patahan karang relatif stabil. Tutupan alga tergolong stabil, namun cenderung meningkat ditahun 2021 bila dibandingkan dengan tahun 2018. Peningkatan alga ini seiring dengan peningkatan karang mati, terutama di Zona Larang Tangkap.



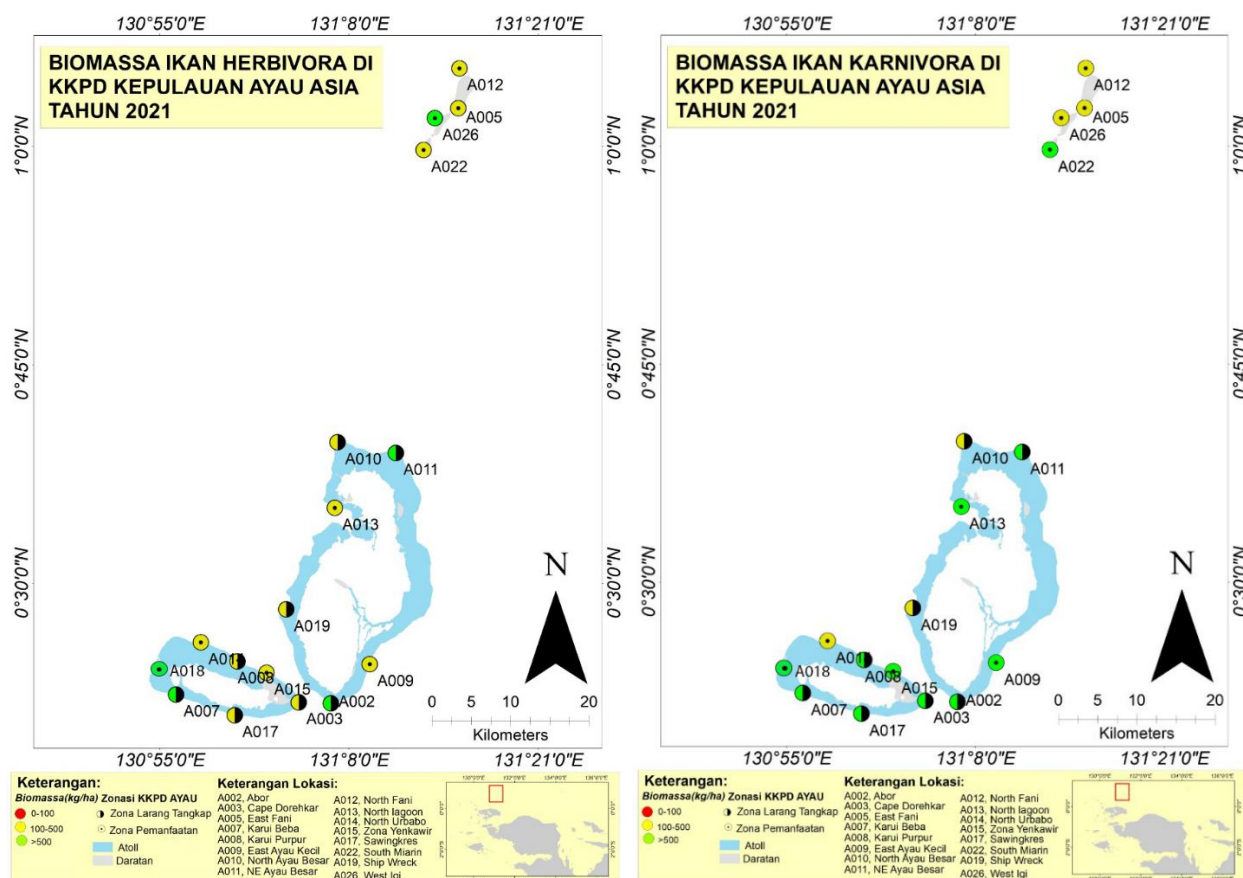
Gambar 5. Rata-rata (\pm Simpangan Error) persentase tutupan karang setelah monitoring kelima di KKPD Ayau-Asia. Hard coral/Karang keras (a) semua bentuk hidup karang keras hidup kecul coral heliopora; Soft coral/Karang lunak (b) termasuk xenia; Rubble/Patahan Karang (c) termasuk karang mati yang tidak melekat; Dead coral/Karang mati (d) termasuk karang yang baru mati, tidak termasuk turf algae or CCA; Other Algae/Algae lainnya (e) termasuk semua turf and macroalgae selain Crustose Coralline Algae (CCA, in panel f).

Keadaan Biomassa Ikan di tahun 2021

Kondisi biomassa kelompok ikan herbivora di KKPD Kepulauan Ayau-Asia (420,56 kg/ha) lebih rendah (tabel 2) bila dibandingkan dengan wilayah BLKB (462,1 kg/ha) tahun 2017-2019 (tabel S4). Kondisi ini berlaku untuk ketiga kelompok famili ikan, yaitu Acanthuridae, Scaridae dan Siganidae. Berbeda dengan kondisi biomassa ikan target atau ikan karnivora. Biomassa ikan target di wilayah ini sangat tinggi bila dibandingkan dengan kondisi biomassa secara umum di BLKB tahun 2017-2019. Selama pemantauan dilakukan, ditemui banyak kelompok ikan target dalam jumlah yang besar di beberapa lokasi pemantauan.

Sebagian besar lokasi memiliki biomassa ikan herbivora berkisar antar 100-500 kg/ha (Gambar 6), hanya 5 titik yang memiliki biomassa lebih dari 500 kg/ha, yaitu 3 lokasi di Zona Larang Tangkap (Abor Zona Burdam *South Ayau Besar*, Karui Beba, *North East Ayau Besar*) dan 2 lokasi di Zona Pemanfaatan (*Ship Wreck* dan *West Igi Island*).

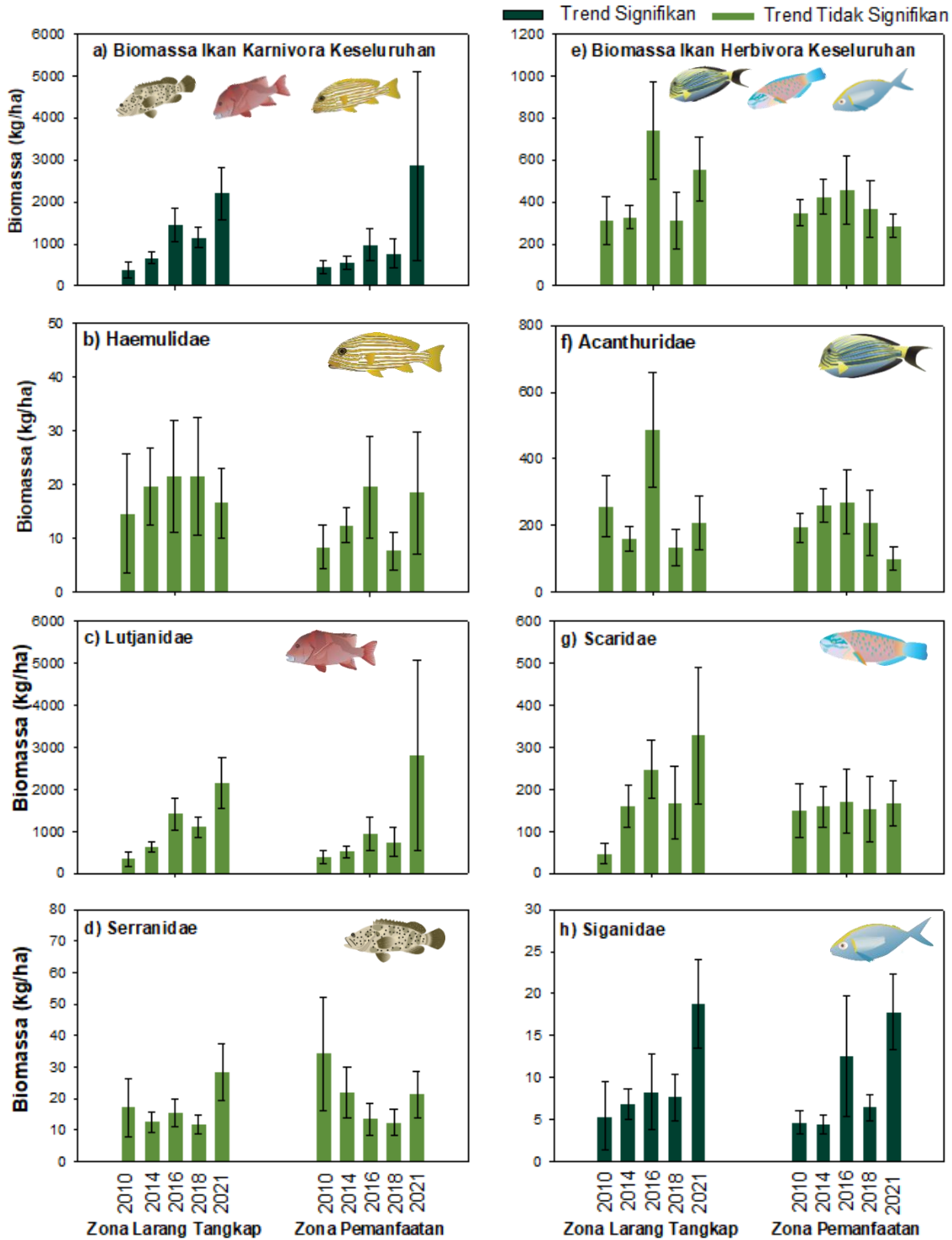
Berbeda dengan keadaan ikan herbivora, biomassa ikan target sangat tinggi di sebagian besar lokasi, terutama di sekitar Pulau Ayau (Gambar 6).



Gambar 6. Peta biomassa ikan herbivora (kiri) dan biomassa ikan karnivora (kanan) di KKPD Kepulauan Ayau-Asia tahun 2021

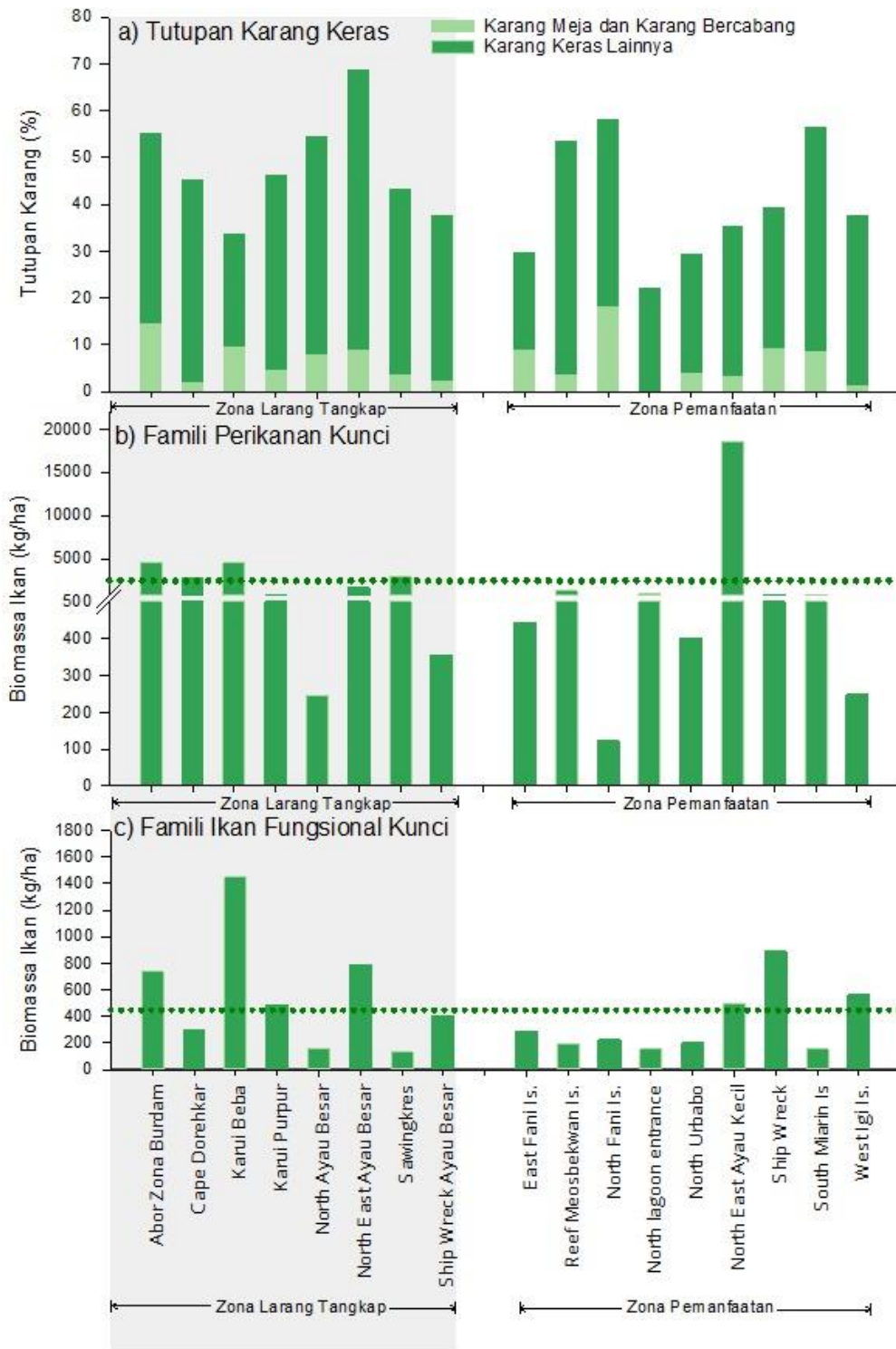
Biomassa ikan herbivora secara umum relatif stabil, tetapi jika dilihat dari kelompok famili, biomassa famili scaridae atau ikan kakatua mengalami peningkatan yang signifikan dari tahun 2010. Kelompok famili siganidae atau ikan samandar juga mengalami peningkatan dibandingkan tahun 2018. Peningkatan biomassa ikan target cukup tinggi sejak tahun 2010, terutama untuk famili Lutjanidae atau ikan kakap yang sangat meningkat di tahun 2021. Selama pemantauan kelompok ikan ini ditemukan dalam jumlah yang cukup besar di beberapa lokasi. Peningkatan biomassa ikan herbivora dan ikan target ini kemungkinan disebabkan karena berkurangnya nelayan dari luar yang mengambil ikan dalam jumlah besar (*over fishing*) dan patroli yang dilakukan dengan baik. Selain itu, di wilayah ini juga terdapat pos TNI AL yang menjaga wilayah perbatasan.

Tidak ada perbedaan yang signifikan antara biomassa ikan herbivora maupun ikan target baik di Zona Larang Tangkap maupun di Zona Pemanfaatan.



Gambar 7. Rata-rata (\pm SE) biomassa famili ikan kunci pada Zona Larang Tangkap dan Zona tangkap setelah empat kali monitoring pada KKP Ayau. (a) famili dari ikan perikanan kunci, (b) Serranidae, (c) Lutjanidae, dan (d) Haemulidae, (e) famili dari ikan fungsional kunci, (f) Acanthuridae, (g) Scaridae, dan (h) Siganidae. Uji Statistika dapat dilihat pada lampiran.

Tutupan Karang dan Biomassa Ikan di Masing-Masing Lokasi



Gambar 8. (a) Rata-rata persentase tutupan karang keras, (b) biomassa famili Ikan Perikanan Kunci, (c) biomassa famili ikan fungsional kunci, di masing-masing lokasi di KKP Ayau Tahun 2021. Daerah yang diarsir adalah lokasi Zona larang tangkap. Kotak garis menunjukkan rata-rata untuk setiap indikator di semua lokasi monitoring.

Keadaan ikan dan tutupan karang keras beragam dalam setiap lokasi pemantauan. Tutupan karang keras tertinggi di lokasi North East Ayau Besar sedangkan biomassa ikan herbivora tertinggi di lokasi Karui Beba. Kedua lokasi ini berada pada Zona Larang Tangkap. Lokasi North East Ayau Kecil yang masuk dalam Zona Pemanfaatan memiliki biomassa ikan target yang paling tinggi, mencapai 18.590,77 kg/ha. Di lokasi ini ditemukan kelompok ikan Lutjanidae dalam jumlah yang sangat besar.

Rekomendasi

Tutupan karang keras di KKPD Kepulauan Ayau-Asia agak menurun di tahun 2021. Di sisi lain, terjadi peningkatan karang mati, patahan karang dan alga. Adanya temuan bekas bom baru dan lama serta karang memutih mengancam keberadaan karang keras di wilayah ini. Selain itu ditemukan banyak sampah plastik baik di permukaan maupun yang tersangkut di terumbu karang. Hal ini dapat mempengaruhi kehidupan ekosistem terumbu karang dan biota laut lainnya.

Biomassa ikan mengalami peningkatan dari tahun-tahun sebelumnya dimana ikan dengan fungsi perikanan penting meningkat baik. Hal ini menjadi salah satu potensi perikanan yang harus diperhatikan dan perlu dijaga sehingga berkelanjutan dan bermanfaat bagi masyarakat di wilayah ini.

Berdasarkan temuan-temuan tersebut, beberapa rekomendasi bagi pengelola KKPD Kepulauan Ayau-Asia adalah:

- Meningkatkan aktifitas patroli pengawasan sehingga dapat mengelola dan memastikan aktifitas masyarakat terutama nelayan dari luar tidak memberikan dampak negatif bagi penurunan biomassa ikan di KKPD Kepulauan Ayau-Asia.
- Melakukan penelitian lanjutan mengenai sampah yang ada di perairan, sosialisasi ke masyarakat dan juga memikirkan solusi untuk mengurangi sampah plastik.

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. Volume I-III. Tropical Reef Research, Perth.
- Burke, L., Reyntar, K, an Spalding, M., & Perry, A. 2011. Reefsat Risk Revisited.
- Donnelly R, Neville D, and Mous PJ (2003). Report on a Rapid Ecological Assessment of the Raja Ampat Islands, Papua, Eastern Indonesia, hel October 30-November 22, 2002.
- 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, 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.
- 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>.
- Purwanto, Awaludinnoer, Harris J, Ardiwijaya R, 2017. Ecological Status of Misool MPA 2015 Report. Indonesia Coastal and Ocean Program Report No. 01/17 The Nature Conservancy.
- 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 M, and Peterson N. 2009. Delineating the Coral Triangle. *Galaxea*, 11:91-100.

Sumber Gambar

Gambar Ikon Ikan dan karang diambil dari the *Integration and Application Network, University of Maryland Center for Environmental Science (ian.umces.edu/imagelibrary/)* yaitu: *Serranidae Christina Thurber; hard coral - Diana Kleine; Lutjanidae, Haemulidae, soft coral, and rubble - Tracey Saxby; Acanthuridae, Scaridae, macroalgae, CCA, and soft coral – Joanna Woerner; Siganidae – Dieter Tracey.*

Lampiran. Informasi Tambahan

Dalam laporan ini, kami menyajikan data karang dan ikan yang telah dirangkum menjadi beberapa indikator kunci yang dipilih untuk mencerminkan tujuan manajemen, menginformasikan kepada 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, sejarah hidupnya, dan wilayah jelajah. Dengan beberapa pertimbangan tersebut, kami menyajikan data ringkasan indikator sebagai berikut.

Tabel S1. Indikator Ekologi

	Indikator	Definisi	Penjelasan
Kelompok Karang / Kategori PIT	Hard Coral/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
	Soft Coral/Karang Lunak	Semua karang lunak	Karang lunak berkontribusi pada biodiversitas dan nilai keindahan terumbu karang.
	Dead Coral/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..
	Rubble/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.
	Other Algae/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
	Crustose Coralline Algae, 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/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 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	Kulit Pasir/Butana	
	Scaridae	Kakatua	
	Siganidae	Baronang	

Tabel S2. 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>
Gambar 5a) Karang Keras	0,293	0,122	0,945
5b) Karang Lunak	0,669	0,999	0,995
5c) Patahan Karang	0,790	0,869	0,758
5d) Karang Mati	0,004	0,987	-
5e) Alga Lainnya	0,572	0,679	0,669
5f) CCA	0,000	0,828	-

Tabel S3. Hasil Pengujian ANOVA Dua Faktor Perbedaan antar Waktu (Tahun) dan antar Zona Larang Tangkap dan Zona Tangkap untuk Biomassa Perikanan Kunci dan Kelompok Ikan Fungsional

	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) Karnivora	0,007	0,536	0,341
7b) Haemulidae	0,309	0,144	0,944
7c) Lutjanidae	0,002	0,173	0,718
7d) Serranidae	0,418	1	-
Gambar 4e) Herbivora	0,107	0,992	0,473
4f) Acanthuridae	0,144	0,530	0,325
4g) Scaridae	0,003	0,894	0,382
4e) Siganidae	0,024	0,759	0,895

Catatan: warna kuning menandakan tren signifikan

Tabel S4: Tutupan karang per kategori dan biomassa famili ikan indikator kunci di BLKB Periode Tahun 2017-2018. Semua nilai merupakan nilai rata-rata ± standard error.

Tutupan Karang (%)		Biomassa Ikan (kg / ha)	
<i>Karang Keras</i>	33,5 ± 36,7	<i>Ikan herbivora</i>	462,1 ± 752,8
<i>Karang Lunak</i>	10,5 ± 12,5	<i>Acanthuridae</i>	270,5 ± 552,1
<i>Karang Memutih</i>	< 1	<i>Scaridae</i>	129,0 ± 162,2
<i>Patahan Karang</i>	22,1 ± 24,9	<i>Siganidae</i>	40,6 ± 60,6
CCA	< 1	<i>Ikan Target/karnivora</i>	279,1 ± 405,9
<i>Alga Lain</i>	5,2 ± 7,0	<i>Haemulidae</i>	12,6 ± 223,8
		<i>Lutjanidae</i>	23,3 ± 32,4
		<i>Serranidae</i>	233,4 ± 359,4