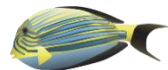




**LAPORAN STATUS EKOLOGI**  
**KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN KEPULAUAN AYAU-ASIA**  
**TAHUN 2018**



**Tutupan Karang**



**Ikan Fungsional**



**Ikan Target**



Oleh :

**Habema Monim, Purwanto, Dariani Matualage, Irman Rumengan, Awaludinnoer, Ronald Mambrasar, Mulyadi, Aser Burdam, Ofri Johan, Daud Orisu, Bernadus Duwit, Muggi Bachtiar**



## SARAN SITASI

Habema F.Y. Monim, Purwanto, Dariani Matualage, Irman Rumengan, Awaludinnoer, Ronald Mambrasar, Mulyadi, Aser Burdam, Ofri Johan, Daud Orisu, Bernadus Duwit, Muggi Bachtiar. 2018. *Laporan Status Ekologi Kawasan Konservasi Perairan Kepulauan Ayau-Asia Tahun 2018*. Universitas Papua, The Nature Conservancy, Conservation International, Unit Pelaksana Teknis KKP Raja Ampat, Balai Besar Taman Nasional Teluk Cenderawasih, LIPI, Universitas Diponegoro. Manokwari, Sorong, Raja Ampat, Jakarta, Semarang, Indonesia.

Foto Sampul: ©Mulyadi-Balai Taman Nasional Teluk Cenderawasih

Tata Letak Peta: Irman Rumengan-Universitas Papua

## **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 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, Mangubhai dkk. 2012).

Terumbu karang sangat penting bagi masyarakat setempat karena mereka mendukung ikan utama dan invertebrata (misalnya perikanan *seacucumber* dan *Trochus*). 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 pentingnya mereka 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 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.

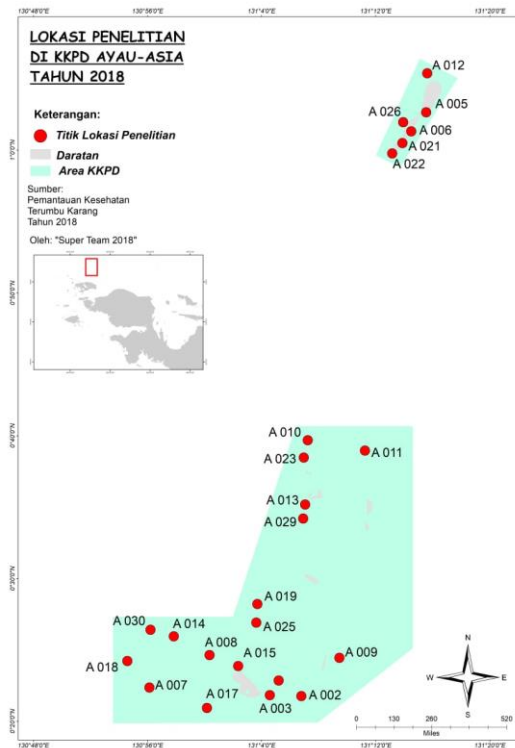
KKP Kepulauan Ayau-Asia terletak dibagian paling utara Kabupaten Raja Ampat dengan luas wilayah 101.440 Ha. KKP Kepulauan Ayau-Asia terbentuk dari gugusan terumbu karang Tepi dan Atol yang mengelilingi pulau-pulaunya. Ayau diketahui sebagai daerah peneluran ikan Kerapu terbesar di Bagian Timur Indonesia dan memasok benih ikan Kerapu ke perairan Maluku, Halmahera dan sebagian besar kawasan Bentang Laut Kepala Burung Papua. Ayau juga memiliki pantai peneluran Penyu Hijau dan Sisik, yaitu di Pantai Mof. Lumba lumba hidung botol, Lumba lumba Spinner dan Paus Sperma juga bisa ditemukan di Ayau. Pada tahun 2015, spesies ikan baru ditemukan oleh peneliti dan dinamai *Cirrhilabrus marinda* untuk menghargai jasa-jasa pasangan Bupati Markus Wanma dan Wakil Bupati Inda Arfan yang dikenal dengan 'Marinda' (Conservation International).

Dengan pendampingan dari Pemda Raja Ampat dan Lembaga Suadaya Masyarakat, pada Tahun 2007, masyarakat di Ayau Asia mendeklarasikan pembentukan Kawasan Konservasi Perairan Daerah Ayau Asia, yang diperkuat dengan Peraturan Bupati (Perbup) No. 66 tahun 2007. Pada Desember tahun yang sama, masyarakat mendeklarasikan Zona Inti di Meosbekwan seluas 1000 Ha dan Zona Ketahanan Pangan dan Pariwisata seluas 510 Ha di Zona Imbir Ayau Kecil. Proses penetapan zona di KKPD Aya KKP Kepulauan Ayau-Asia terus berlanjut hingga 2013 (Conservation International).

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 rencana zonasi dan manajemen dan menginformasikan manajemen adaptif. Oleh karena itu pemantauan kesehatan karang telah dilakukan Tahun 2010, 2014, 2016 dan 2018.

Metode pemantauan menggunakan protokol yang dikembangkan oleh Green dan Wilson dan dimodifikasi oleh Ahmadia et al (2012). Titik yang diamati adalah 23 titik dari 25 titik yang telah direncanakan dan titik pengamatan ditentukan berdasarkan titik pengamatan yang sudah pernah dilakukan pada monitoring sebelumnya. Untuk analisis trend dan status, digunakan 16 titik, yaitu 8 titik pada Zona Larang tangkap (titik A002, A003, A007, A008, A010, A011, A017 dan A019)

dan 8 titik pada Zona Pemanfaatan (titik A005, A009, A012, A013, A014, A015, A022 dan A026). Survei dilakukan oleh tim gabungan yang terdiri dari berbagai instansi yaitu Universitas Papua, UPTD DKP BLUD Raja-Ampat, The Nature Conservancy, Conservation International, Balai Besar Taman Nasional Teluk Cenderawasih, Universitas Diponegoro, dan Kementerian Kelautan Perikanan.



Gambar 1. Peta lokasi monitoring kesehatan karang di KKP Kepulauan Ayau-Asia Tahun 2018

### Ringkasan Hasil Monitoring KKP Kepulauan Ayau-Asia 2018

Secara umum komunitas ikan dalam kondisi yang sehat dengan indikasi masih ditemukan ikan karnivora atau predator ukuran besar seperti ikan kerapu, kakap, hiu, bubara, dan ikan jenis herbivora (Siganidae, Acanthuridae dan Scaridae) serta ikan-ikan ukuran kecil lainnya, seperti ikan lalosi dan ikan oci. Ikan napoleon (*Cheilinus undulatus*) ditemukan di beberapa lokasi dalam kelompok yang cukup besar (15 – 20 ekor) dan diduga akan melakukan pemijahan. Ikan kerapu *saiseng* (*Pletropomus areolatus*) ditemukan dalam kelompok besar di A022 - Tanjung Pulau Miarin (*South Miarin Island*) Kepulauan Asia dan di A002 – *Abor Zona Burdam South Ayau*

*Besar*. Kedua lokasi ini merupakan lokasi pemijahan ikan yang masih fungsional tidak hanya bagi ikan kerapu, tetapi juga beberapa jenis ikan lainnya. Selama monitoring, ditemukan Hiu hanya di beberapa lokasi, dan diperkirakan jumlah dan populasinya lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil monitoring di KKP lainnya di Raja Ampat. Di beberapa lokasi ditemukan ikan pogo jenis *Yellowfin triggerfish (Pseudobalistes flavimarginatus)* dalam kelompok dan menunjukkan tanda-tanda pemijahan.

Kepulauan Ayau dan Asia merupakan wilayah paling utara di Raja Ampat yang relatif terbuka dan selalu terkena gelombang di semua musim sehingga pertumbuhan karang sedikit berbeda dengan wilayah lain di Raja Ampat yang relatif terlindung. Di Ayau beberapa lokasi didominasi oleh karang keras yang merayap atau menjalar yang tumbuh di lereng terumbu. Terumbu karang cabang seperti jenis *Acropora* relatif sedikit jika dibandingkan dengan lokasi lain di Raja Ampat. Secara umum karang dalam kondisi sehat – tidak ditemukan (sangat sedikit) penyakit karang, tidak terdapat *bleaching*/pemutihan karang. Tidak ditemukan *rubble* baru bekas bom atau karang rusak akibat bus. *Macro algae* jenis *Halimeda* banyak ditemukan di Pulau Fani dan juga ditemukan adanya kompetisi pertumbuhan antara karang dengan *sponge* dan alga di beberapa lokasi monitoring. Ditemukan 1 koloni yang terkena *Black Band Disease* di Pulau Fani di Kepulauan Asia. Penyakit karang lain yang ditemukan adalah *White Syndrome* dan *Skeletal Eroding Band* tetapi dalam jumlah dan persentase yang sangat kecil. Ditemukan juga *Drupella* – gastropoda atau jenis siput/kerang pemakan karang di beberapa *site* monitoring. *Drupella* secara alami merupakan hewan pengontrol pertumbuhan beberapa famili karang yang relatif cepat, tetapi jika populasinya cukup besar dapat menjadi indikasi kuat terjadinya gangguan ekosistem terumbu karang.

**Tabel 1:** Tutupan karang per kategori dan biomasa famili ikan kunci di KKP Kepulauan Ayau-Asia Tahun 2018. Semua nilai merupakan nilai rata-rata ± standard error.

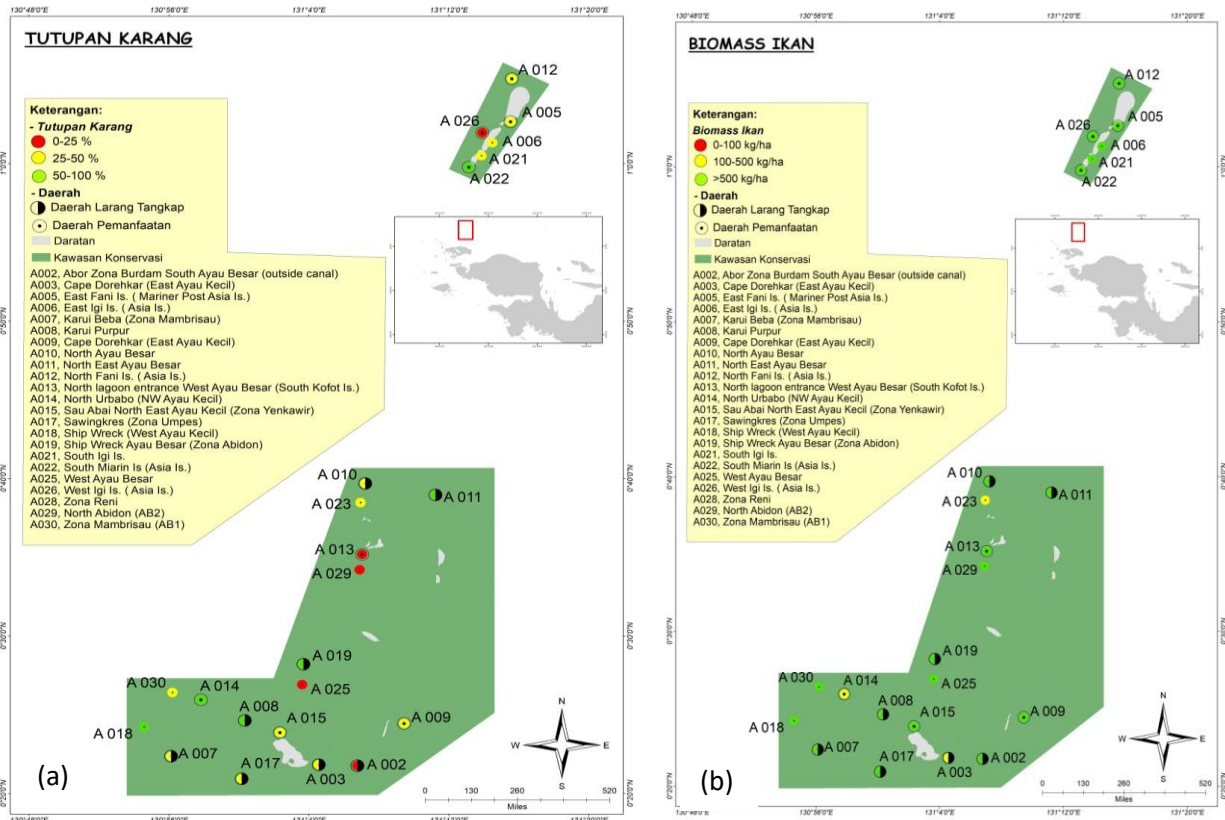
Tutupan Karang (%)		Biomassa Ikan (kg / ha)	
<i>Hard Coral</i>	39,4 ± 3,9	<i>Fungsional Penting</i>	340,8 ± 93,2
<i>Soft Coral</i>	10,7 ± 2,6	<i>Acanthuridae</i>	173,3 ± 55,0
<i>Dead Coral</i>	1,6 ± 0,7	<i>Scaridae</i>	160,4 ± 56,2
<i>Rubble</i>	22,1 ± 4,0	<i>Siganidae</i>	7,0 ± 1,5
CCA	1,3 ± 0,7	<i>Perikanan Penting</i>	959,62 ± 215,2
<i>Other Algae</i>	12,9 ± 4,9	<i>Haemulidae</i>	14,7 ± 5,9
<i>Bleach Coral</i>	0	<i>Lutjanidae</i>	932,9 ± 211,8

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai tutupan karang memiliki nilai yang bervariasi. *Hard coral* (karang keras) pada KKP Kepulauan Ayau-Asia tergolong tinggi bila dibandingkan tutupan karang di Bentang Laut Kepala Burung (BLKB) (Bandingkan dengan Tabel S5). CCA di Kawasan ini cukup tinggi bila dibandingkan di BLKB, demikian juga dengan tutupan alga lainnya (*Other Algae*). *Rubble* sebagai salah satu indikator penilaian kerusakan pada ekosistem terumbu karang memiliki nilai yang cukup tinggi ditemukan pada KKP Kepulauan Ayau-Asia tetapi tidak ditemukan adanya *bleach coral* (karang memutih).

Data ikan yang diambil dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu ikan dengan fungsional penting dan ikan dengan perikanan penting. Ikan fungsional penting di kawasan ini (Tabel 1) tergolong rendah bila dibandingkan dengan Kawasan BLKB secara umum (Tabel S4). Namun untuk kelompok perikanan penting sangat tinggi. Famili kelompok perikanan penting yang berperan dalam tingginya biomassa keseluruhan kelompok karnivora ini adalah famili Lutjanidae. Pada kelompok ikan fungsional penting, famili Acanthuridae dan Siganidae tergolong sangat rendah (Tabel 1) bila dibandingkan dengan Kawasan BLKB (Tabel S4).

Trend tutupan karang sebagian besar stabil, kecuali karang mati (*Dead Coral*) ( $p = 0,000$  pada Tabel S2). Adanya zonasi tidak membuat karang di zona larang tangkap lebih baik (nilai  $p > 0,05$  pada Tabel S2). Perbedaan zonasi hanya terjadi pada alga lain (*Other Algae*), dimana pada Zona Pemanfaatan lebih tinggi dibandingkan pada Zona Larang Tangkap. Tingginya alga ini akan mengancam pertumbuhan karang keras hidup.

Trend kelompok ikan karnivora signifikan bila dibandingkan dengan *baseline* (Tahun 2010), namun cenderung mengalami penurunan dibanding keadaan pada monitoring Tahun 2016 untuk semua famili ikan yang digunakan sebagai indikator. Trend kelompok ikan herbivora stabil dari waktu ke waktu, namun perlu diwaspadai karena terjadi sedikit penurunan dibanding monitoring Tahun 2016. Zonasi tidak terlalu berpengaruh terhadap keberadaan ikan herbivora maupun karnivora (dapat dilihat nilai  $p < 0,05$  pada Tabel S3). Biomassa dan pola yang hampir sama terjadi di Zona Larang Tangkap maupun di Zona Pemanfaatan.



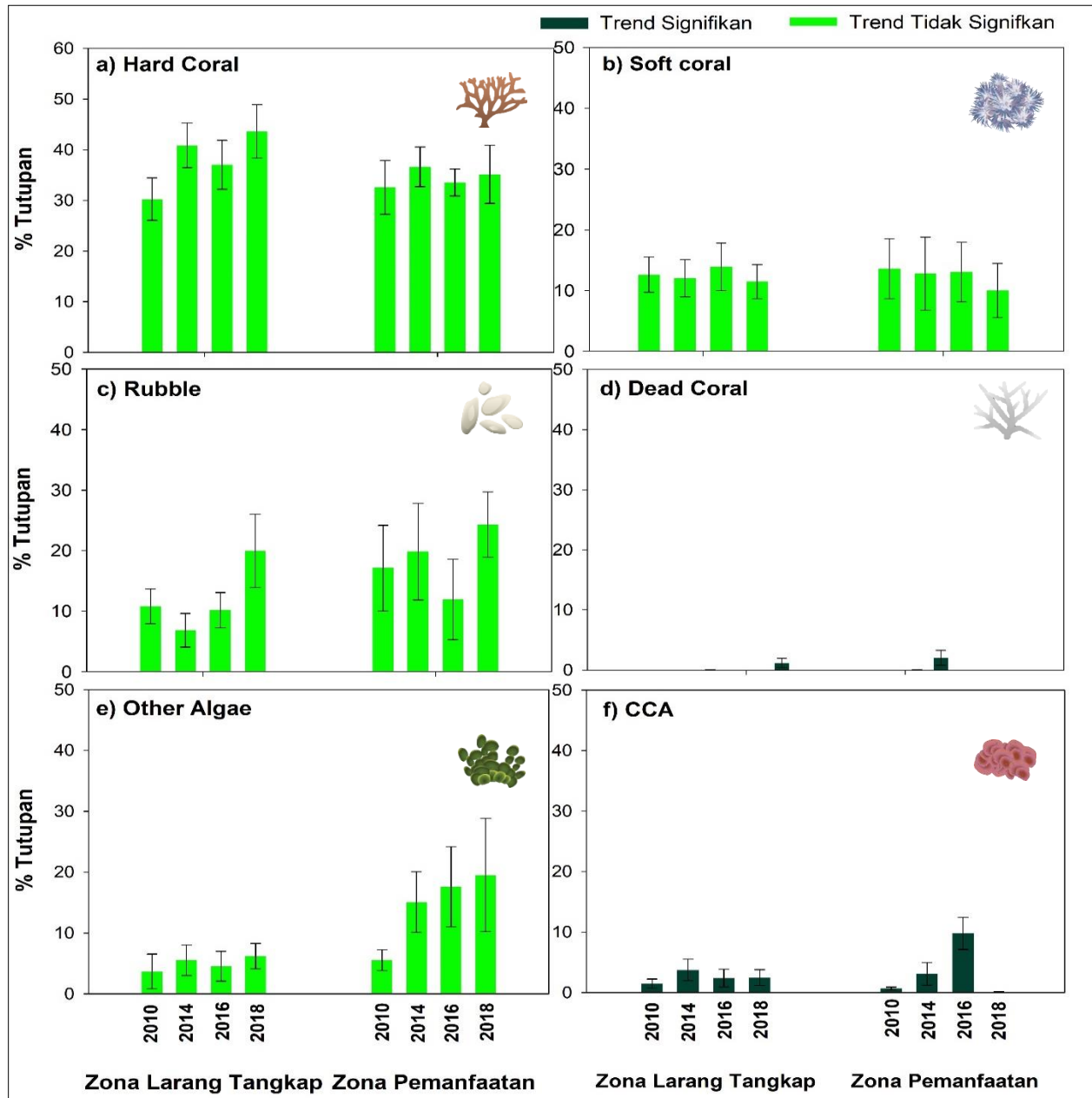
Gambar 2. Peta (a) Tutupan Karang Keras dan (b) Biomassa Ikan karang dengan 6 famili sebagai indikator kunci, yaitu famili Acanthuridae, Scaridae, Siganidae, Haemulidae, Lutjanidae, dan Serranidae di KKP Kepulauan Ayau-Asia Tahun 2018



Gambar 3 *Schooling* famili Carangidae (foto: Mulyadi-BBTNC)

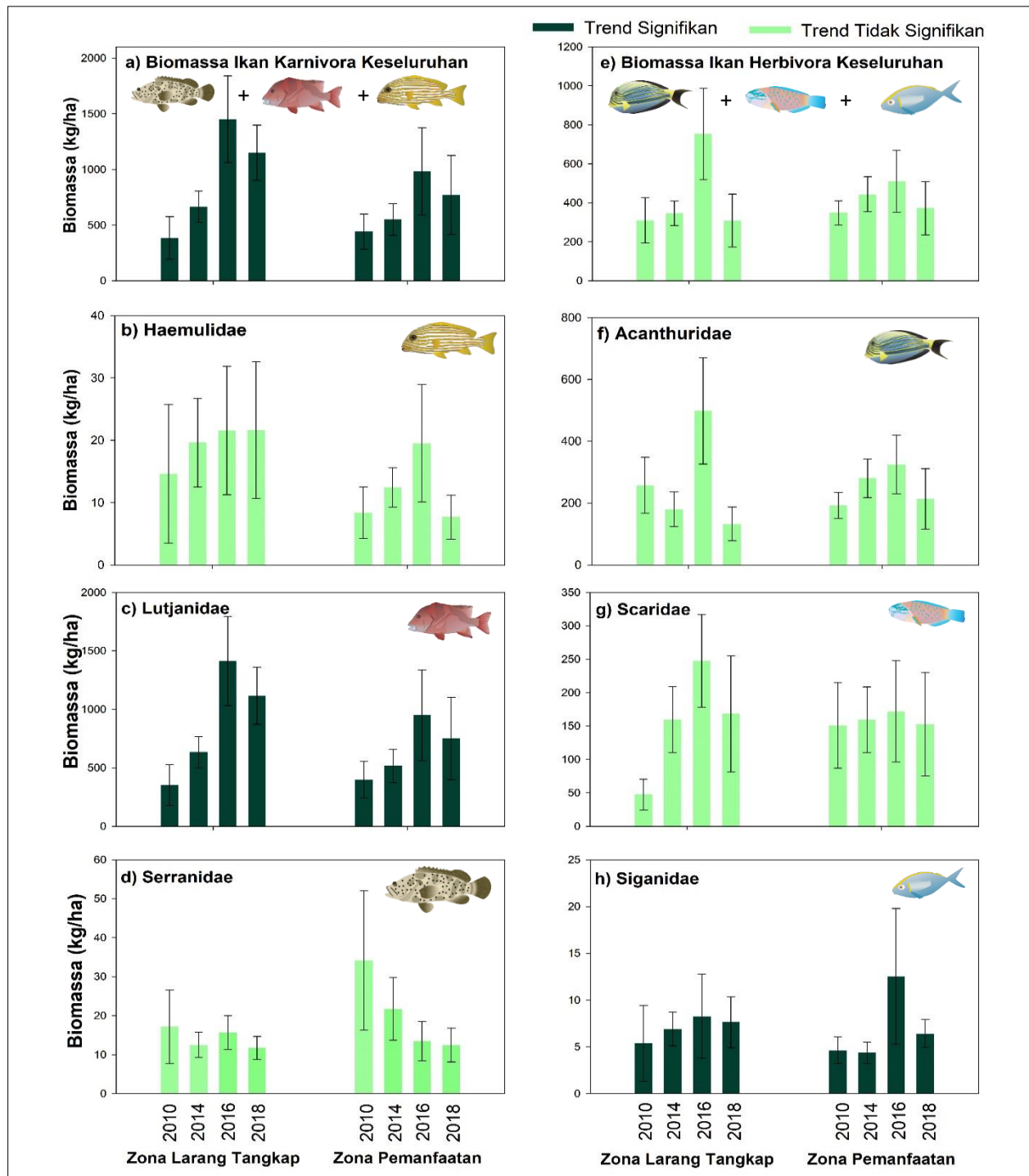
Keadaan tutupan karang maupun biomassa ikan perikanan kunci pada zona larang tangkap menyebar hampir merata di titik-titik lokasi penyelaman (Gambar 6a). Lebih banyak titik pada Zona Larang Tangkap yang memiliki tutupan karang dan biomassa ikan perikanan kunci yang tinggi dibandingkan pada Zona Pemanfaatan. 4 titik pada Zona Larang Tangkap (*Cape Dorehkar, Karui Purpur, North East Ayau Besar* dan *Ship Wreck Ayau Besar*) yang memiliki tutupan karang lebih dari 40% sedangkan hanya 2 titik pada Zona Pemanfaatan (*North Urbabo* dan *South Miarin Island*) yang memiliki tutupan karang lebih dari 40%. Untuk biomassa ikan perikanan kunci, terdapat 5 titik pada Zona Larang Tangkap (*Abor Zona Burdam South Ayau Besar, Karui Beba, Karui Purpur, North Ayau Besar, North East Ayau Besar*) yang memiliki biomassa lebih dari 1000 kg/ha sedangkan pada Zona Pemanfaatan hanya 1 titik penyelaman (*South Miarin Island*). Berbeda dengan biomassa kelompok ikan fungsional kunci yang tinggi (memiliki biomassa lebih dari 400 kg/ha) di banyak lokasi zona pemanfaatan, yaitu 3 titik (*North Fani Island, South Miarin Island* dan *West Igi Island*) dibandingkan pada zona larang tangkap yang hanya 2 titik (*North Ayau Besar* dan *North East Ayau Besar*).

## Persentase Tutupan Karang 2018



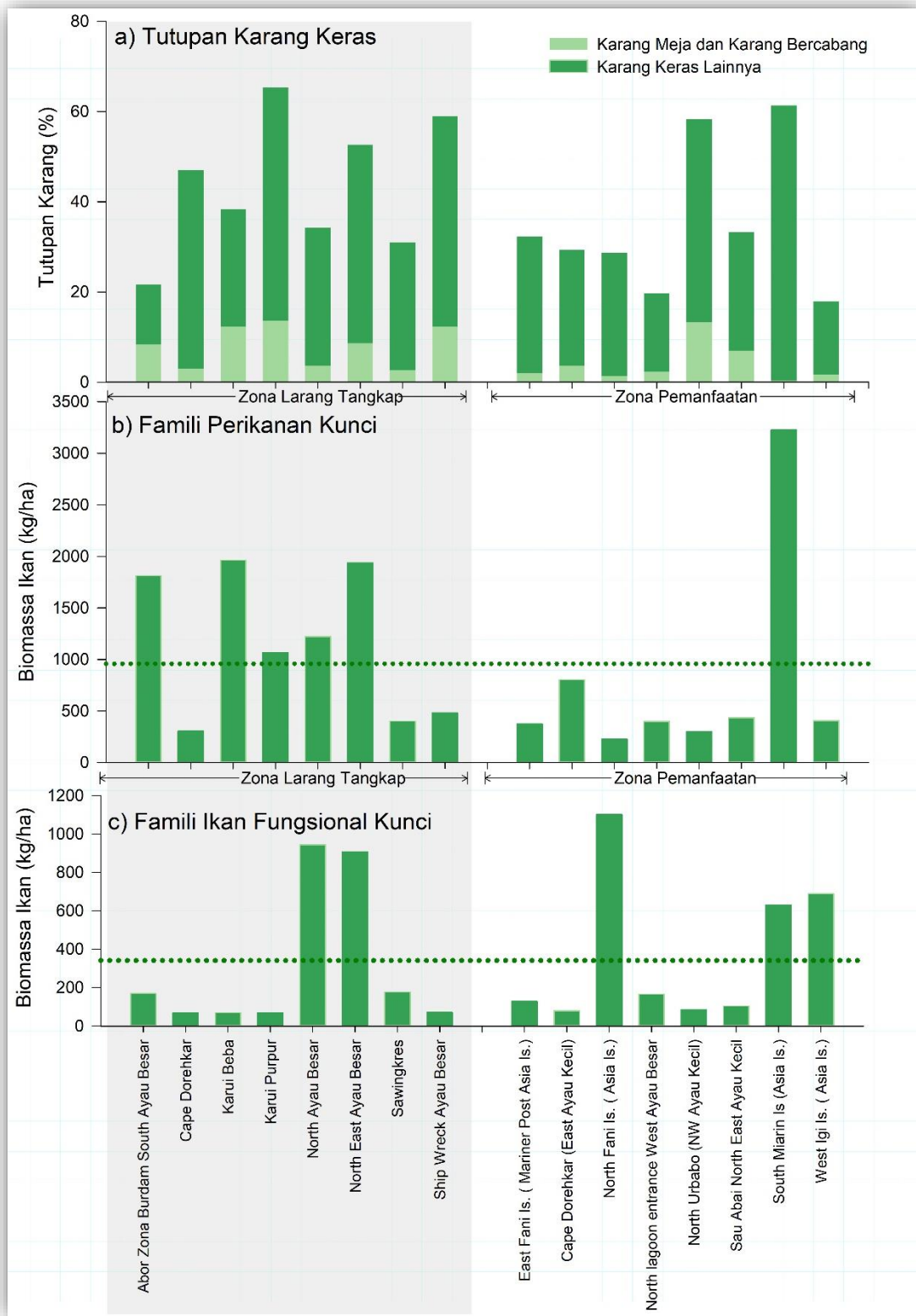
**Gambar 4.** Rata-rata ( $\pm$  Simpangan Error) persentase tutupan karang setelah monitoring keempat pada KKP Kepulauan Ayau-Asia. Karang keras (a) termasuk semua bentuk karang keras hidup; Karang halus (b) termasuk octocorals seperti gorgonians dan sea whips; Patahan Karang (c) termasuk karang mati 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

## Keadaan Biomassa Ikan 2018



**Gambar 5.** Rata-rata ( $\pm$  SE) biomassa famili ikan kunci pada Zona Larang Tangkap dan Zona tangkap setelah empat monitoring pada KKP Kepulauan Ayau-Asia. (a) Jumlah dari ketiga famili perikanan kunci, (b) Serranidae, (c)

Lutjanidae, dan (d) Haemulidae. Panel kiri: (e) jumlah ketiga famili ikan fungsional kunci, (f) Acanthuridae, (g) Scaridae, dan (h) Siganidae. Lihat Lampiran untuk uji statistik



**Gambar 6.** Rata-rata persentase tutupan karang (a), biomassa famili Ikan Perikanan Kunci (b), dan biomassa famili ikan fungsional, (c) di masing-masing lokasi di KKP Misool Tahun 2017. Daerah yang diarsir adalah lokasi Zona larang tangkap. Garis menunjukkan rata-rata untuk setiap indicator di KKP Kepulauan Ayau-Asia Tahun 2018.

## Rekomendasi

Terumbu karang di KKP Kepulauan Ayau-Asia berada dalam kondisi yang baik dan stabil, tutupan karang hidup (HCL) dalam kondisi stabil namun persentase tutupan patahan karang (*rubble*), karang mati (*dead coral*) dan alga mengalami peningkatan yang signifikan jika dibandingkan data monitoring tahun sebelumnya.

Kondisi biomassa ikan relatif stabil, sedikit mengalami penurunan dibandingkan monitoring Tahun 2016 tetapi dalam trend yang meningkat jika dibandingkan sejak awal monitoring di Tahun 2010. Antar Zona dan tahun monitoring terjadi perbedaan yang signifikan pada biomassa ikan karnivora, tetapi tidak berbeda nyata pada famili ikan herbivora.

Sebagai daerah paling utara dan relatif jauh dari Kota Waisai, Raja Ampat maupun Sorong, tekanan pemanfaatan dan ancaman terhadap KKP Kepulauan Ayau-Asia relatif kecil jika dibandingkan dengan KKP lain di Raja Ampat, tetapi sebagai daerah yang relatif terbuka, ancaman alamiah dari gelombang besar dan badai sering terjadi di KKP Kepulauan Ayau-Asia. Hal ini diduga yang menyebabkan tingginya tutupan *rubble*, karang mati dan algae meningkat serta banyak ditemukan ikan-ikan yang berkelompok besar bahkan melakukan aktifitas pemijahan. Beberapa lokasi seperti di Abor dan Pulau Fani ditemukan lokasi pemijahan ikan yang fungsional dari Ikan Kerapu spesies *Plectropomus areolatus* dan ikan-ian penting lainnya. KKP Kepulauan Ayau-Asia menjadi lokasi pemijahan ikan yang penting bagi KKP lainnya di Raja Ampat maupun daerah lainnya.

Dari data dan temuan selama monitoring, beberapa rekomendasi terhadap pengelolaan KKP Kepulauan Ayau-Asia adalah

- Mempertahankan dan meningkatkan kegiatan patroli tim pengelola KKP bekerjasama dengan masyarakat terutama pengawasan terhadap lokasi-lokasi pemijahan ikan dan Zona Larang Tangkap.
- Menjalin komunikasi dan kerjasama dengan Pos Pulau Terluar dari TNI Angkatan Laut di Pulau Fani untuk mengawasi pemanfaatan di Kepulauan Asia, sehingga dapat mengantisipasi pemanfaatan yang merusak dan *illegal* dari nelayan-nelayan luar.

- Meningkatkan sosialisasi tentang sistim zonasi dan aturan kegiatan yang boleh dan tidak boleh dilakukan di setiap zona kepada masyarakat, sehingga dapat meminimalkan pemanfaatan di Zona Larang Tangkap.
- Melakukan studi yang lebih detail untuk melihat penyebab tren meningkatnya tutupan patahan karang, karang mati dan alga sehingga dapat dilakukan langkah antisipasi yang tepat.

### **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., Reytar, K, an Spalding, M., & Perry, A. 2011. Reefs at 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>.

Conservation International Indonesia. Kawasan Konservasi Perairan Daerah Ayau Asia. Conservation International Program Raja Ampat. <http://birdsheadseascape.com/wp-content/uploads/Ayau-Asia-Fin.pdf>.

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/](http://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

Tabel S1. Indikator Ekologi

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.

	<b>Indikator</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>
<b>Kelompok Karang / Kategori PIT</b>	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.

	<b>Indikator</b>	<b>Definisi</b>	<b>Penjelasan</b>	
<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	Ikan herbivora ini mengonsumsi alga, menyisakan ruang terbuka bagi karang dewasa untuk tumbuh dan bagi bayi karang untuk bertahan.
	Famili Ikan Fungsional Kunci/Herbivora	Jumlah dari famili Acanthuridae, Scaridae, dan Siganidae		
	Acanthuridae	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

	<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 4a) Hard Coral	0,321	0,259	-
4b) Soft Coral	0,542	0,341	0,761
4c) Rubble	0,119	0,254	0,761
4d) Dead Coral	<b>0,000</b>	0,524	-
4e) Other Algae	0,234	<b>0,002</b>	0,904
4f) CCA	0,075	0,958	<b>0,009</b>

Tabel S3. Hasil Pengujian ANOVA Dua Faktor Perbedaan antar Waktu (Tahun) dan antar Zona Larang Tangkap dan Zona Tangkap untuk Biomassa Perikanan Kunci (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 5a) Karnivora keseluruhan	<b>0,000</b>	0,437	0,089
5b) Haemulidae	0,116	0,246	0,856
5c) Lutjanidae	<b>0,000</b>	0,365	0,136
5d) Serranidae	0,891	0,681	0,716
Gambar 5e) Herbivora keseluruhan	0,814	0,548	0,541
5f) Acanthuriadae	0,445	0,905	0,871
5g) Scaridae	0,375	0,811	0,216
5h) Siganidae	<b>0,017</b>	0,460	0,978

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