

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jppi>

e-mail: jppi.puslitbangkan@gmail.com

JURNAL PENELITIAN PERIKANAN INDONESIA

Volume 22 Nomor 4 Desember 2016

p-ISSN: 0853-5884

e-ISSN: 2502-6542

Nomor Akreditasi: 653/AU3/P2MI-LIPI/07/2015



EFEKTIFKAH DAERAH PERLINDUNGAN LAUT (DPL) MENGONSERVASI IKAN KARANG? STUDI KASUS DI KABUPATEN BIAK-NUMFOR DAN SUPIORI, PAPUA

DO FISH SANCTUARY EFFECTIVE TO CONSERVE REEF FISHES? A CASE STUDY IN BIAK-NUMFOR AND SUPIORI DISTRICTS, PAPUA

Sam Wouthuyzen^{*1}, Jonas Lorwens² dan Femmy D. Hukom³

¹ UPT Loka Pengembangan Kompetensi Sumberdaya Manusia Oseanografi, Pulau Pari – LIPI, Gedung Coremap LIPI, Jl. Raden Saleh 43, Jakarta 10330

² UPT Konservasi Pemanfaatan dan Pengelolaan Biota Laut, Biak – LIPI, Bosnik - Biak Timur, Biak 98152, Papua

³ Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI, Jl. Pasir Putih 1, Ancol Timur, Jakarta 14430

Teregistrasi I tanggal: 14 Desember 2016; Diterima setelah perbaikan tanggal: 12 Januari 2017;

Disetujui terbit tanggal: 12 Januari 2016

ABSTRAK

Sumber daya ikan karang (SDIK) dari salah satu ekosistem tropika wilayah pesisir yang sangat produktif hingga kini belum diketahui stoknya, sehingga membuat pengelolaan berkelanjutan sulit dilakukan, meskipun kawasan konservasi perikanan (Daerah Perlindungan Laut, DPL) sudah banyak didirikan. Tujuan kajian ini adalah mengetahui keefektifan DPL dalam konservasi SDIK di Kabupaten Biak-Numfor, dan Supiori melalui perbandingan stok SDIK dalam bentuk densitas ikan (ekor/m²) di DPL dan di luar DPL. Hasil kajian menunjukkan bahwa SDIK (ikan Target, Indikator dan Mayor) menurun drastis hampir di semua lokasi kajian, akibat pemanfaatan yang tidak ramah lingkungan pada 1995, 2001 dan 2010-2012. Perbandingan densitas SDIK di luar DPL pada 2010-2012 dan di 20 lokasi DPL tradisional yang didirikan masyarakat di wilayah kerja Coremap LIPI pada 2008 menunjukkan bahwa densitas SDIK ikan Target, Indikator dan Mayor di DPL masing-masing lebih tinggi 3-4 kali, 3-5 kali dan 2-3 kali. DPL tradisional terbukti efektif mengkonservasi SDIK, oleh karenanya pendirian DPL perlu terus dilanjutkan di banyak lokasi, seperti target pemerintah yang akan mendirikan 20 juta ha DPL hingga 2020. DPL yang telah ada juga perlu dipantau dan dirawat secara periodik agar efektif mengkonservasi SDIK.

Kata Kunci: Densitas; ikan karang; konservasi; Biak-Numfor; Supiori

ABSTRACT

The reef fishes resources produced from one of productive tropical ecosystem in the coastal zones have not well known yet. Thus, it is difficult to conduct sustainable management on reef fishes, despite there are many sanctuaries (DPL) have been established in Indonesia waters. This paper aims to assess the effectiveness of DPL in the Biak-Numfor and Supiori Districts by comparing the reef fish stocks expressed as fish density (individuals/m²) between areas inside and outside DPL. Results show that the reef fish stocks (Target, Indicator and Major group) were drastically decreased in almost of study sites due to over exploitation and environmentally unfriendly fishing practices during 1995, 2001 to 2010-2012. Comparison of reef fishes density between outside DPL in 2010-2012 and inside of the 20 locations of traditional DPL established by local communities in 2008 within the Coremap LIPI working areas indicated that the density of reef fishes are 3-4, 3-5 and 2-3 times higher for Target, Indicator, and Major fish groups, respectively. Traditional DPL proves its role and its effectiveness as one of conservation tool to increase the reef fish stocks abundance. Therefore, it is needed to establish more DPL which have been targeted by government to reach 20 million ha of DPL by 2020. The existing DPL should always be maintained in order they are effective in protecting the reef fish resources.

Keywords: Density; reef fish; conservation; Biak-numfor; supiori

Korespondensi penulis:

e-mail: swouthuyzen@yahoo.com

PENDAHULUAN

Pulau Numfor, Biak-Supiori dan Kepulauan Padaido yang menghadap langsung ke Samudera Pasifik dikelilingi oleh terumbu pantai (*fringing reef*), terumbu penghalang (*barrier reef*), terumbu tidak muncul ke permukaan (*patch reef*) dan terumbu cincin (*atoll*), sehingga memiliki potensi ekonomi di sektor perikanan, dan pariwisata bahari (Suharsono, 2007). Meskipun demikian, potensi Sumber Daya Ikan karang (SDIK) yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan, khususnya di perairan Kabupaten Biak-Numfor dan Supiori serta umumnya di perairan Indonesia belum diketahui pasti, karena metoda baku pendugaan stok untuk ikan karang hingga kini belum ada, tidak seperti pendugaan stok untuk ikan pelagis dan ikan demersal (Wouthuyzen & Lorwens, 2015). Kajian tentang pendugaan stok ikan karang, seperti yang dilakukan Lorwens *et al.* (2013) masih jarang, namun sangat diperlukan, sehingga perlu diperluas ke perairan lain.

Ketidaktersediaan data stok SDIK menyebabkan pertanyaan-pertanyaan tentang pengelolaan sulit dijawab, seperti bagaimanakah menetapkan besar stok ikan yang bisa ditangkap? Berapa banyak ikan dapat ditangkap nelayan, namun stok ikan tetap sehat? Apakah stok ikan telah mengalami lebih tangkap? Jika ya, langkah-langkah apa yang harus diambil untuk memulihkan stok ikan ke tingkat sehat? Jawaban berbagai pertanyaan tersebut sangat diperlukan bagi pengelola perikanan untuk membuat keputusan terbaik yang bisa memastikan keseimbangan sehat antara stok ikan berkelanjutan, kesehatan ekosistem, dan masyarakat pesisir (Gulland, 1983; Sparre & Venema, 1998; NOAA Fisheries, 2012).

Pemanfaatan SDIK berlebih dalam skala global membuat stok ikan turun drastis, menghilangkan keaneka-ragaman hayati dan berbahaya bagi ketahanan pangan suatu negara, karena dapat menyebarluaskan bahaya kelaparan, sehingga perlu dicari solusi global untuk mengembalikan stok ikan di laut. Berdasarkan problem global tersebut muncul inisiatif untuk menyisihkan 10% wilayah pesisir dan laut suatu negara untuk dijadikan wilayah yang dilindungi bebas dari eksploitasi penangkapan hingga tahun 2020. Inisiatif ini dicetuskan oleh *Ocean Sanctuary Alliance* (OSA) dan PBB yang dikenal sebagai inisiatif 10X20 dengan wujud nyata berupa Kawasan Konservasi Laut (KKL) atau Daerah Perlindungan Laut (DPL) atau *Marine Protected Area* (MPA), *Marine Reserve*, *Marine Sanctuary*, atau *No Take Zone* (Coad *et al.*, 2015; Pikitch, 2016; <http://www.oceansanctuaryalliance.org/>). Belakangan ini DPL diusulkan banyak negara sebagai alat konservasi efektif

yang cepat menjadi populer, karena diyakini dapat memulihkan spesies, perikanan, habitat, fungsi dan layanan jasa ekologi yang menurundan menjadi wilayah penyangga dari perubahan iklim, dan mengentaskan kemiskinan masyarakat pesisir (Halpern, 2003; Foxet *al.*, 2010; García-Rubies *et al.*, 2013). Pengelolaan DPL yang efektif juga mencerminkan hubungan antara lingkungan laut-darat dan masyarakat pengguna (Kelleher, 1999; Pomeroy *et al.*, 2004).

DPL mempunyai banyak fungsi (Roberts & Hawkins, 2000; Marine Parks Authority, 2008; Pikitch, 2016). Untuk itu, dalam rangka menanggulangi kerusakan ekosistem karang dan SDIK yang sejalan dengan insiatif 10X20, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) Indonesia menargetkan pendirian DPL seluas 20 juta ha di perairan Indonesia. Hingga 2012 telah terbangun 15,5 juta ha, termasuk Taman Wisata Laut Anabas yang baru didirikan dan DPL di Kabupaten Maluku Tenggara (Huffard *et al.*, 2012, Coad *et al.*, 2015). Meskipun demikian, SDIK mengalami penurunan drastis di hampir semua perairan karang Indonesia akibat pemanfaatan yang tidak ramah lingkungan dan cara destruktif lainnya. Kasus tersebut bahkan lebih menonjol terjadi di kawasan konservasi laut (Dermawan, 2007). Walaupun pendirian DPL di perairan Indonesia bertambah luas, namun kajian tentang keefektifan DPL guna mendukung usaha konservasi SDIK, keaneka-ragaman biologi, dan menyumbang penambahan populasi ikan masih sangat jarang. Kajian ini bertujuan mengetahui keefektifan DPL mengkonservasi SDIK melalui studi kasus di Kabupaten Biak-Numfor dan Supiori yang didasarkan atas data densitas ikan di dalam dan di luar DPL.

BAHAN DAN METODE

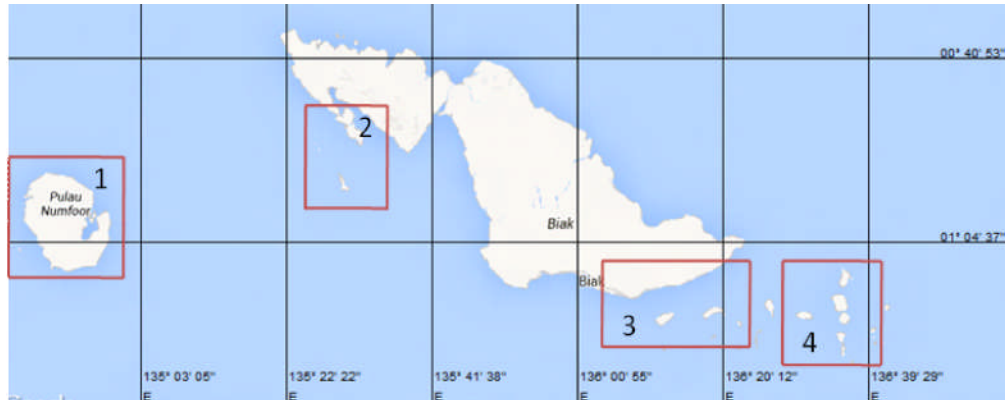
Waktu dan Lokasi Kajian

Pengamatan lapangan dilakukan antara tahun 2009 hingga 2014 di Kabupaten Biak-Numfor dan Supiori (Gambar 1). Pengamatan di Pulau Biak dan Padaido Bawah dilakukan pada 2012, di Padaido Atas pada 2010, di Pulau Numfor pada 2011, 2012, 2014 dan di Kabupaten Supiori pada 2009 dan 2013. Disamping itu, digunakan pula data sekunder dari Supiori dan Pulau Biak pada 1995 (Wouthuyzen *et al.*, 1995) dan di perairan Kepulauan Padaido pada 2001 (Wouthuyzen *et al.*, 2001) untuk membandingkan pengaruh aktifitas pemanfaatan SDIK pada 1995, 2001 dan 2010-2013. Data sekunder lainnya adalah data hasil kajian khusus SDIK di DPL yang didirikan masyarakat Pulau Biak dan Kepulauan Padaido di wilayah kerja Coremap LIPI pada 2008 (Suyarso & Juwariah, 2008).

Sensus Visual Ikan Karang

Pendugaan SDIK sebenarnya sederhana walaupun belum ada metode baku. Dua parameter yang dibutuhkan yaitu: 1). Luas area terumbu karang (A, ha) dan 2). Kepadatan atau densitas ikan karang (D, ekor/m²), sehingga stok ikan karang (S) dapat dihitung, yaitu $S = A \times D$ (Wouthuyzen & Lorwens,

2015). Pada kajian ini, stok SDIK tidak dapat digunakan langsung untuk menguji keefektifan DPL, karena luas terumbu karang tidak sama antara satu area dan area lainnya (misal, stok SDIK di Pulau Biak dibandingkan dengan Stok di Kepulauan Padaido bawah atau Padaido atas), sehingga diasumsikan bahwa data densitas ikan lebih realistis sebagai indikator untuk melihat dinamika perubahan stok.



Gambar 1. Peta lokasi kajian di Kabupaten Biak-Numfor dan Kabupaten Supiori. 1). Pulau Numfor, 2). Supiori. 3). Biak dan Kepulauan Padaido Bawah, 4). Kepulauan Padaido Atas.

Figure 1. Map of study sites in the Biak-Numfor and Supiori Districts. 1) Numfor Island, 2). Supiori, 3). Biak and lower Padaido Islands, and 4). Upper Padaido Islands.

Untuk mendapatkan data densitas SDIK digunakan metode sensus visual bawah air (*Underwater Visual Census/UVC*) mengikuti metode *Asean-Australia Project* (Dartnall & Jones, 1986). UVC dilakukan bersamaan dengan pengamatan karang serta seluruh jenis ikan karang dan jumlahnya yang teramati pada luas bidang pengamatan (250 m²). Selain RRI (*Rapid Reef Inventory*), metoda LIT (*Line Intercept*

Transect) juga digunakan (Gambar 2). Pada metoda LIT garis transek ditarik sejajar pantai sepanjang 50 m. Ikan disensus mengikuti garis transek dengan lebar pengamatan 2,5 m ke kiri dan 2,5 m ke kanan, sehingga luas area tersensus 250 m². UVC dilakukan di kedalaman antara 3–10 m. Identifikasi jenis ikan karang dibantu buku panduan Kuitert (1992, 1993, 1996) dan Leiske & Myers (1995).



Gambar 2. Metoda LIT pada UVC untuk mendapatkan data densitas ikan karang.

Figure 2. LIT method in UVC for obtaining the density data of reef fishes.

Jenis ikan tersensus dihitung kelimpahannya, lalu diklasifikasi atas 3 kelompok yakni: Ikan Target, Ikan Indikator dan Ikan Mayor (English et al., 1994). Kepadatan ikan karang: $D (\text{ekor/m}^2) = N/A$; N = Jumlah ikan tersensus; A = Luas terumbu.

Analisis Keefektifan DPL

Keefektifan sebuah DPL dapat diketahui dari berbagai parameter, yakni meningkatnya kelimpahan, biomassa, densitas ikan, ukuran ikan berupa panjang/berat/biomassa (Wespeaet al., 2003; McClanahan, et

al., 2006; Pina-Amagós et al., 2014), atau hasil tangkapan, pendapatan nelayan, tangkapan per satuan upaya/CPUE (Machumu & Yakupitiyage, 2013). Pada Kajian ini, keefektifan DPL dianalisis dengan membandingkan densitas (D) rata-rata ikan karang di luar lokasi DPL, yaitu 4 lokasi di Kepulauan Arui, Kabupaten Supiori dan 6 lokasi di Pulau Biak pada 1995; 6, 8 dan 21 lokasi masing-masing di Kepulauan Padaido Bawah, Padaido Atas, dan Pulau Biak pada 2001; 20 dan 25 lokasi di Kepulauan Arui pada 2009 dan 2013; dan 25, 31 dan 21 lokasi masing-masing di

Kepulauan Padaido Bawah, Padaido Atas, dan Pulau Biak pada 2010-2012, terhadap densitas rata-rata ikan karang di 8, 8 dan 4 DPL di Kepulauan Padaido Bawah, Padaido Atas dan di Biak pada 2008.

HASIL DAN BAHASAN

Hasil

Sensus Visual Ikan Karang

Tabel 1 menyajikan densitas (D) rata-rata kelompok ikan Target, Indikator dan Mayor. Kepulauan Arui, Kabupaten Supiori memiliki D dengan nilai masing-masing 3,56, 0,19 dan 4,16

Tabel 1. Densitas kelompok ikan karang target, Indikator dan Mayor tahun 1995, 2001, 2008, dan 2010-2012 pada lokasi di dalam DPL maupun di luar DPL

Table 1. Density of Target, Indicator and Major group of reef fishes in 1995, 2001, 2008 and 2010-2012 both inside and outside of DPL

Lokasi	Tahun	Densitas(ekor/m ²)			Sumber
		Target Group	Indikator Group	Mayor	
Biak coast (N = 4)	1995	1,53	0,40	6,37	Wouthuyzen <i>et al.</i> , 1995
Arui Islands, Supiori (N=6)		1,22	0,18	1,96	
Arui Islands, Supiori (N=20)	2009	3,56	0,19	4,16	Lorwens, 2009
Arui Islands, Supiori (N=25)	2013	2,70	0,17	2,98	Lorwens, 2013
Lower Padaido Islands (N=6)	2001	1,19	0,09	2,34	Wouthuyzen <i>et al.</i> , 2001
Upper Padaido Islands (N=8)		0,79	0,11	4,44	
Non-DPL Numfor (N= 23)	2010-2012	0,71	0,07	0,57	Lorwens <i>et al.</i> , 2013
Non-DPL Biak coast (N=21)		0,58	0,17	1,06	
Non-DPL lower Padaido Islids (N=25)		0,32	0,09	1,25	
Non-DPL upper Padaido Islids (N=31)		0,23	0,05	0,70	
DPL Biak coast (N=4)		1,78	0,79	2,23	
DPL Lower Padaido Islids. (N=8)	2008	1,27	0,40	4,35	Suyarso & Djuwariah, 2008
DPL Upperv Padaido Islids (N=8)		0,67	0,17	2,12	

Perbandingan D rata-rata SDIK di DPL dan di luar DPL, seperti di pantai Biak selatan menunjukkan bahwa D rata-rata ikan Target, Indikator dan Ikan Mayor di DPL lebih tinggi (1,78; 0,88 dan 2,23 ekor/m²) dibandingkan D rata-rata SDIK di luar DPL (0,58; 0,17 dan 1,06 ekor/m²) dan bahkan lebih tinggi dari D rata-rata SDIK tahun 1995 untuk ikan Target dan Indikator (1,53, dan 0,40 ekor/m²), kecuali untuk ikan Mayor (Tabel 1; Gambar 3). Hal serupa terlihat pula di Kepulauan Padaido Bawah, D rata-rata SDIK untuk ketigakelompok ikan di DPL lebih tinggi (1,27, 0,40 dan 4,35 ekor/m²) daripada di luar DPL (0,32; 0,09 dan 1,25 ekor/m²) dan bahkan lebih tinggi dari data SDIK tahun 2001 (1,19; 0,09 dan 2,34 ekor/m²). Demikian pula di Padaido Atas, D rata-rata SDIK di lokasi DPL lebih tinggi (0,67; 0,17 dan 2,13 ekor/m²) daripada di luar DPL (0,23, 0,05 dan 0,70 ekor/m²), namun SDIK rata-rata di lokasi

ekor/m² disusul Pulau Numfor untuk kelompok ikan Target (0,71 ekor/m²), Biak selatan untuk ikan Indikator (0,11 ekor/m²) dan Kepulauan Padaido bawah untuk ikan Mayor (1,25 ekor/m²). Sebaliknya, kepadatan terendah terdapat di Padaido Atas untuk ikan Target (0,23 ekor/m²) dan Indikator (0,05 ekor/m²), sedangkan Pulau Numfor memiliki kepadatan terendah untuk ikan mayor (0,57 ikan/m²). Keanekaragaman jenis ikan karang, Kepulauan Arui juga tertinggi (116 spesies), disusul Biak selatan (105 spesies), Kepulauan Padaid Bawah (97 spesies), Padaido atas (72 spesies), dan terendah di Pulau Numfor (62 spesies).

Tabel 1. Densitas kelompok ikan karang target, Indikator dan Mayor tahun 1995, 2001, 2008, dan 2010-2012 pada lokasi di dalam DPL maupun di luar DPL

Table 1. Density of Target, Indicator and Major group of reef fishes in 1995, 2001, 2008 and 2010-2012 both inside and outside of DPL

DPL lebih rendah daripada tahun 2001 untuk ikan Target (7,87 ekor/m²) dan ikan Mayor (4,44 ekor/m²).

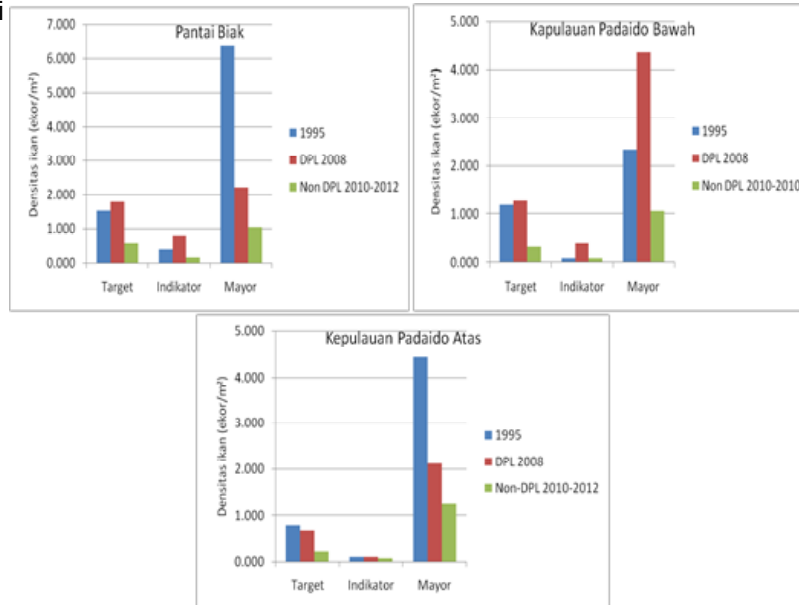
Gambar 4 memperlihatkan peta densitas ikan Target pada grid 0,1 x 0,1⁰. D rata-rata ikan Target di lokasi DPL tampak relatif lebih tinggi daripada diluar DPL, kecuali untuk SDIK di Kepulauan Arui yang memiliki D rata-rata lebih tinggi pada 2009. Dari fakta-fakta tersebut terlihat bahwa SDIK di lokasi DPL tinggi 3-4 kali lipat untuk ikan Target, 3-5 kali lipat untuk ikan Indikator dan 2-3 kali lipat untuk ikan Mayor dibandingkan di luar DPL (Tabel 1; Gambar 4).

Bahasan

Penyebab rendahnya D ikan Target, khususnya di Padaido Atas akibat eksploitasi SDIK berlebihan secara destruktif (bom) dengan tujuan utama adalah

menangkap ikan Target, namun ledakannya juga berdampak kuat terhadap stok ikan Indikator dan ikan Mayor. Teknisi dari UPT Pemanfaatan dan Pengelolaan Biota laut LIPI Biak menyatakan bahwa eksploitasi

SDIK memakai bom sering terjadi di Padaido Atas karena lokasinya terpencil dan luput dari pengawasan aparat. Jika SDIK dieksploitasi secara baik, maka SDIK di Padaido Atas justru harus lebih tinggi.



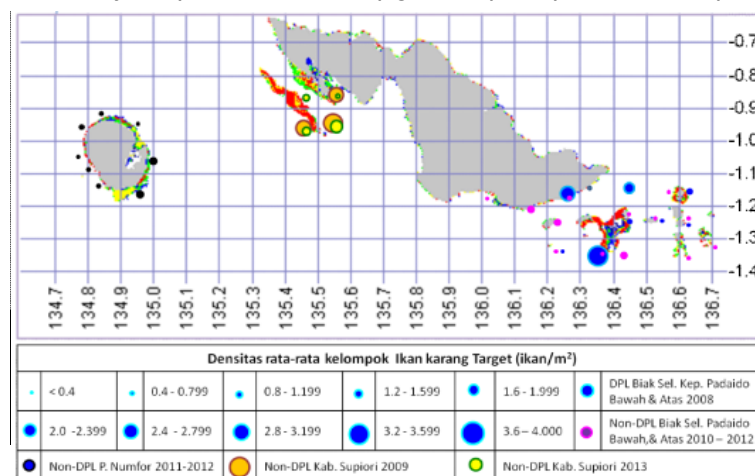
Gambar 3. Densitas (D) rata-rata ikan karang dari kelompok ikan Target Indikator dan Mayor pada lokasi di luar DLP tahun 1995, 2009-2013 dan di lokasi DPL pada 2008 untuk perairan Biak (kiri atas), Kepulauan Padaido Bawah (kanan atas) dan Padaido Atas (bawah).

Figure 3. Average Density (D) of Target, Indikator and Mayor group of reef fishes outside DPL in 1995, 2009-2013 and inside DPL in 2008 for Biak Coast (upper left), lower Padaido (upper right) and Upper Padaido Islands (bellow).

Kajian ini menunjukkan keberhasilan dan keefektifan DPL yang didirikan oleh masyarakat lokal Papua pada 2008 (Tabel 1, Gambar 3 dan 4) di wilayah kerja Coremap LIPI (Pulau Biak selatan, Kepulauan Padaido Bawah dan Atas).

Kefektifan DPL mengkonservasi SDIK hasil kajian dari berbagai perairan dunia disajikan pada Tabel 2,

dan juga diulas oleh Armstrong (2015). DPL tidak hanya efektif mengkonservasi SDIK, tetapi juga non-ikan (invertebrata), seperti lobster, *Palinurus elephas* di DPL Su Pallosu (Mediterrania barat) yang melimpah hingga 500% dalam 12 tahun (Follesa, 2011). DPL di New Zealand meningkatkan densitas rata-rata, biomassa (kg/500m²) dan produksi telur (telur/500m²) lobster.



Gambar 4. Peta sebaran Densitas (D) rata-rata ikan karang Target di perairan Kabupaten Biak-Numfor dan Supiori pada lokasi di luar dan di dalam DPL.

Figure 4. Map distribution of mean Density of Target reef fishes in Biak-Numfor and Supiori Districts at inside and outside DPL.

Jasus edwardsii di perairan dangkal (<10m) dan dalam (>10m) masing-masing sebesar 3,9 kali, 9,5%, 5,4% dan 4,8 kali, 10,9% dan 9,1%. (Kelly, 2000). Siput Mata Tujuh (*Abalone*, *Haliotis asinina*) di DPL Sagay, Filipina kelimpahan dan ukuran rata-rata lebih besar dibandingkan di luar DPL

(Maliao *et al.*, 2004). DPL seluas 24 ha di Fiji yang mengkonservasi kerang *Anadara* dalam kurun waktu 3,5 tahun kelimpahan meningkat 13 kali, CPUE 2 kali. Setelah 5 tahun kelimpahan meningkat jadi 19 kali (Gell & Roberts, inpress).

Tabel 2. Indikator keberhasilan DPL dalam mengkonservasi SDIK

Table 2. Success indicator of DPL in conserving Reef Fishes Resources

No	Lokasi	Indikator keberhasilan DPL	Sumber
1	Biak dan Kepulauan Padaido	Densitas ikan Target, Indikator dan Mayor lebih tinggi, 3-4, 3-5 dan 2-3 kali lipat	Wouthuyzen <i>et al</i> (studi ini)
2	Teluk Kealekekua dan Honolulu, Hawai, USA	Biomassa ikan meningkat dari-pada diluar DPL.	Friedlander(2001)
3	Ningaloo, Australia barat	Kelimpahan, biomassa, dan ukuran ikan <i>Emperor</i> (Famili Lethrinidae) yang legal untuk ditangkap lebih tinggi	Wespera <i>et al.</i> (2003)
4	New Zealand utara	kelimpahan ikan <i>Snapper</i> (<i>Pagrus auratus</i>) berukuran legal untuk ditangkap (> 27 cm) meningkat 14 kali lipat	Willis <i>et al.</i> (2003)
5	Pulau Apo, Filipina	Ikan karang (<i>Naso vlamingii</i>) memiliki biomassa dan CPUE masing-masing 40 dan 45 kali lipat lebih tinggi di DPL	Russ <i>et al.</i> (2003)
6.	Queensland, Australia	Densitas ikan karang <i>Plectropomus</i> sppmeningkat 4-6 kali lipat	Williamson <i>et al.</i> (2004)
7	Kepulauan Poor Knight, New Zealand	Kelimpahan <i>Snapper</i> (<i>Pagrus auratus</i>) meningkat 7,4 kali, dan biomassa hingga 800%	Denny <i>et al.</i> (2004)
8	Queensland, Australia	Kisaran biomassa ikan <i>Lethrinus Atkinsoni</i> dan <i>L. nebulosus</i> meningkat masing-masing 0,9-2,4 dan 0,4-2,8 kali lipat.	Babcock <i>et al.</i> (2008)
9	Grand Cayman, Karibea	ukuran dan biomassa ikan karang lebih besar, struktur populasi antara ikan karnivora dan herbivora seimbang, serta DPL efektif dalam mengeksport individu ikan (<i>spillover</i>) ke luar DPL	McCoy <i>et al.</i> (2010)
10	Kepulauan Medes, Spanyol	Total ikan karang, <i>Epinephelus marginatus</i> , <i>Diplodus cervinus</i> dan <i>Dicentrarchus labrax</i> 3 lipat lebih tinggi dengan kelimpahan dan biomasanya masing-masing 5-6 dan 13-19 kali lipat	Garcia-Rubies <i>et al.</i> (2013)
11	Perairan Fiji	Naiknya densitas, kelimpahan dan biomas ikan karang meningkatkan kelimpahan predator (ikan hiu) 2 kali lipat dan biomasnya 4 kali lipat	Goetze & Fullwood (2013)
12	Tanzania, Afrika	hasil tangkapan nelayan meningkat dari 8,9 kg/perahu menjadi 47,8 kg/perahu, atau dari 5,6 kg/nelayan menjadi 23,9 kg/nelayan, juga pendapatan dari US\$ 4,5 menjadi US\$ 27,3 dan waktu penangkapan ikan menurun dari 6,11 jam/trip menjadi 4,22 jam/trip	Machumu & Yakupitiyage (2013)
13	Kepulauan Gardens of the Queen, Karibea	Densitas 6 dari 10 jenis ikan karang target dan jenis ikan umum lainnya lebih tinggi. DPL efektif dalam mengkonservasi SDIK.	Pina-Amagós <i>et al.</i> (2014)

Melimpahnya ikan dan non-ikan di DPL melimpahkan (*spillover*) biota dewasa atau juvenile dari DPL ke daerah penangkapan di luar DPL, sehingga kelimpahan ikan dan non-ikan di luar DPL meningkat. Fenomena ini dapat terdeteksi hingga 500-800 m dari batas DPL tergantung dari besarnya DPL, konfigurasi habitat DPL dan mobilitas dari biota (McCoy *et al.*, 2010). Seiring waktu, fungsi pelimpasan DPL menyebabkan perubahan sikap nelayan yang awalnya menentang pendirian DPL karena tidak bebas menangkap, kini dapat merasakan keuntungan. (Marine Parks Authority 2008). Walaupun skalanya kecil, namun DPL memenuhi 2 objektif, yaitu sebagai alat konservasi biota (Karang dan SDIK) dan berguna bagi nelayan lokal (Stobart *et al.*, 2009; Halpern *et al.*, 2010), terutama di lokasi yang stoknya menurun karena lebih tangkap dan kontrol pengelolaan perikanan tradisional tidak ada (Buxton *et al.*, 2014).

Walaupun banyak hasil penelitian, laporan, data dan informasi yang menyatakan DPL efektif sebagai alat konservasi SDIK maupun non-ikan, namun banyak juga kajian yang melaporkan DPL tidak efektif, sehingga menimbulkan debat sengit antara pendukung DPL dan mereka yang menentang. Debat tersebut

bahkan terjadi di negara maju, seperti di New Zealand (Tabel 3), Amerika Serikat dengan undang-undang DPL/*the Sanctuaries Act* (Chander & Gillean, 2005) serta di banyak negara sedang berkembang. Mora *et al.* (2006) menyatakan bahwa DPL secara global tidak efektif memproteksi terumbu karang dan SDIK. Kegagalan DPL karena kurangnya monitoring, evaluasi dan adaptasi efektif. Di Srilangka, sebagian besar DPL tidak terkelola, pemanfaatan sumber daya berlebih dan degradasi habitat terus berlanjut. DPL didirikan tanpa dasar pertimbangan ekologi, realitas sosial ekonomi, dan pengelolaan berkelanjutan jangka panjang. Manajer lebih fokus pada pembuatan undang-undang dan pendirian DPL baru daripada pelaksanaan. Koordinasi buruk, kurangnya keinginan politik serius dan kuat telah menghambat kesuksesan DPL (Perrera & de Vos, 2007). Kajian keefektifan di 2 DPL tertua di Kenya menunjukkan bahwa kegagalan DPL akibat tidak dapat meningkatkan mata pencaharian masyarakat berkelanjutan, karena struktur tata kelola dan pengelolaan tidak efisien akibat tumpang tindih mandat, dana, kendala administrasi, dan kurangnya partisipasi pemangku kepentingan (Muthiga, 2009).

Tabel 3. Contoh kontradiksi antara pandangan kelompok pendukung DPL dan mereka yang menentang implementasi DPL di New Zealand (Babcock, 2003)

Tabel 3. *Examples of contradictory views promoted by groups either in favour of marine reserves or opposed to their implementation (Babcock, 2003)*

Pendukung DPL; DPL akan:	Anti DPL; DPL akan:
• Menjaga populasi ikan/SDIK • Menjaga habitat perairan/laut • Mendukung penangkapan ikan melalui pelimpasan ikan dari DPL ke luar DPL • Mengekspor telur dan larva ke luar DPL • Mennghasilkan data dasar (<i>baseline</i>)	• Gagal menjaga populasi ikan • Berdampak pada pemanfaatan SDI yang meningkat di luar DPL • Menyebabkan sumber daya ikan terkunci hanya di dalam DPL • Memerlukan biaya tambahan • Tidak berguna karena sistim pengelolaan perikanan yang efektif sudah ada

Sembilan negara anggota Asean telah mendirikan DPL, namun DPL menghadapi acaman dari aktivitas manusia (Tabel 4). Filipina dan Indonesia dianggap negara yang berhasil mengembangkan DPL (Perrera & de Vos, 2007), namun walaupun DPL di Filipina telah menunjukkan keefektifannya (Russ *et al.*, 2003; Russ & Alcala, 2004; White, & Green, 2008; Russ, *et al.*, 2015), ada juga DPL yang tidak berhasil, karena fungsi pelimpasan stok ikan tidak bekerja (Razon *et al.*, 2012). Di Thailand, masyarakat merasa Taman Laut Nasional berdampak negatif, karena membatasi keuntungan yang bisa mereka peroleh dari sektor perikanan dan pariwisata (Bennett & Dearden, 2014). Di Malaysia, kendala utama kegagalan pengelolaan DPL adalah kurangnya konsultasi dengan masyarakat

lokal tentang pengembangan konstruksi DPL, dan sistem pengelolaan "*top-down*" yang mengabaikan peranan masyarakat lokal mengelola sumber daya laut (Islam *et al.*, 2014). Kajian Burke *et al.* (2002) terhadap 332 DPL di Asean menunjukkan bahwa hanya 14% DPL yang efektif.

Hasil kajian keefektifan 3 tipe DPL di Indonesia dan Papua New Guinea (PNG) oleh McClanahan *et al.* (2006), yaitu: 1). Taman Nasional (TN), 2). DPL dikelola bersama (*co-management*) dan 3). DPL tradisional menunjukkan bahwa tipe DPL Taman Nasional, seperti TN Bunaken, Kepulauan Seribu, Karimun Jawadan Bali Barat yang memiliki area luas (6.600-111.625 ha), dikelola dan diawasi oleh

pemerintah pusat dengan tujuan pemanfaatan berkelanjutan dan perbaikan sumber daya terumbu karang dan SDIK tidak menunjukkan keefektifannya. TN memiliki kelemahan di sisi penegakkan hukum, tidak sesuai dengan kondisi sosial-ekonomi-budaya masyarakat lokal, konservasi dipaksakan sehingga menyebabkan polarisasi antara regulator nasional-pemerintah dan masyarakat lokal. Hasil kajian tersebut, sejalan pula dengan kajian Dermawan (2007) yang menunjukkan bahwa pemanfaatan SDIK dengan cara merusak (bom, racun dan cara destruktif lainnya)

justro lebih menonjol terjadi di TN, karena selain desakan kebutuhan ekonomi, pengelolaan TN tidak mengakomodasi kebutuhan masyarakat lokal, mekanisme penetapannya bersifat sentralistik, perencanaan SDM dan sistem pendanaan bersifat "top-down" dan dilaksanakan pemerintahan pusat, peran Pemda sangat terbatas dan masyarakat lokal kurang dilibatkan. Pelanggaran yang sering terjadi di TN tidak tertangani dengan baik oleh pengelola karena tidak didukung Pemda.

Tabel 4. DPL di masing-masing Negara Asean dan bentuk ancaman

Table 4. *Sunctuary in each Asean country and its threat*

Negara	Tahun didirikan	Jumlah DPL	Luas DPL (km ²)	Bentuk Ancaman
1. Brunei Darussalam	1934	2	0,1	Sed
2. Kamboja	1993	4	3887	DtF; OvF; ItT
3. Indonesia	1932	34	46190	DtF, Hed, OvF, Stl, Tou
4. Malaysia	1972	12	54 ?	Dev, OvF, Tou, Sti; Cot
5. Nyanmar	?	4	387,5	OvF
6. Filipina	1870	> 500	1607	DtF, OvF, Sti, Pdm; AqA
7. Singapore	1991	2	87	CoD, MbP
8. Thailand	1947	23	5819	Pdm. Dev, Tou, DtF, StS
9. Vietnam	1993	22	2577	OvF, Hed, DtF, CST, StS

Remarks: AqA = Aquaculture Anchroachment; CoD = Coastal Development; Cot = Crown of Thorn; CST = Coral & Shell Trade (CST); DtF = Destructive Fishing; MbP = Marine-base pollution; OvF = Overfishing; Sed = Sedimentation in general; Stl = Siltation from Land; StS = Siltation from Sea; Pdm = Pollution from domestic; MbP = Marine Based Pollution; Tou = Tourism activities.

Tipe DPL dikelola bersama (*co-management*) dengan luas area lebih kecil (11,8-60 ha), dikelola oleh masyarakat bersama LSM, operator pariwisata atau universitas dengan tujuan berbagai kepentingan, sosial, ekonomi dan ekologi, seperti DPL di Kilu dan Sinub (PNG), Pamuteran dan Blongko (Indonesia) juga tidak menunjukkan keefektifannya, kecuali DPL Desa Blongko yang biomassa dan ukuran ikan Targetnya meningkat (McClanahan *et al.*, 2006). Kajian Crawford *et al.* (2004) di Desa Blongko menunjukkan bahwa intervensi proyek pengelolaan sumber daya pesisir berbasis masyarakat (CB-RCM) meningkatkan kepatuhan masyarakat terhadap pemanfaatan SDIK ramah lingkungan yang ditandai dari tutupan karang hidup yang meningkat (72%) di lokasi proyek dibandingkan lokasi kontrol (47%). Sebaliknya, kajian Faiza (2011) menunjukkan bahwa DPL Blongko secara ekologi belum dapat meningkatkan kualitas terumbu karang; DPL belum bisa menunjukkan dampak langsung, yaitu meningkatnya pendapatan masyarakat; namun dari aspek kelembagaan, Peraturan Daerah tentang pengelolaan wilayah pesisir terpadu dan legalitas badan pengelola DPL sudah ada, termasuk program pendampingan, pelatihan, kegiatan monitoring dan evaluasi serta keterlibatan LSM; Eksploitasi SDIK yang tidak ramah lingkungan sudah berhenti,

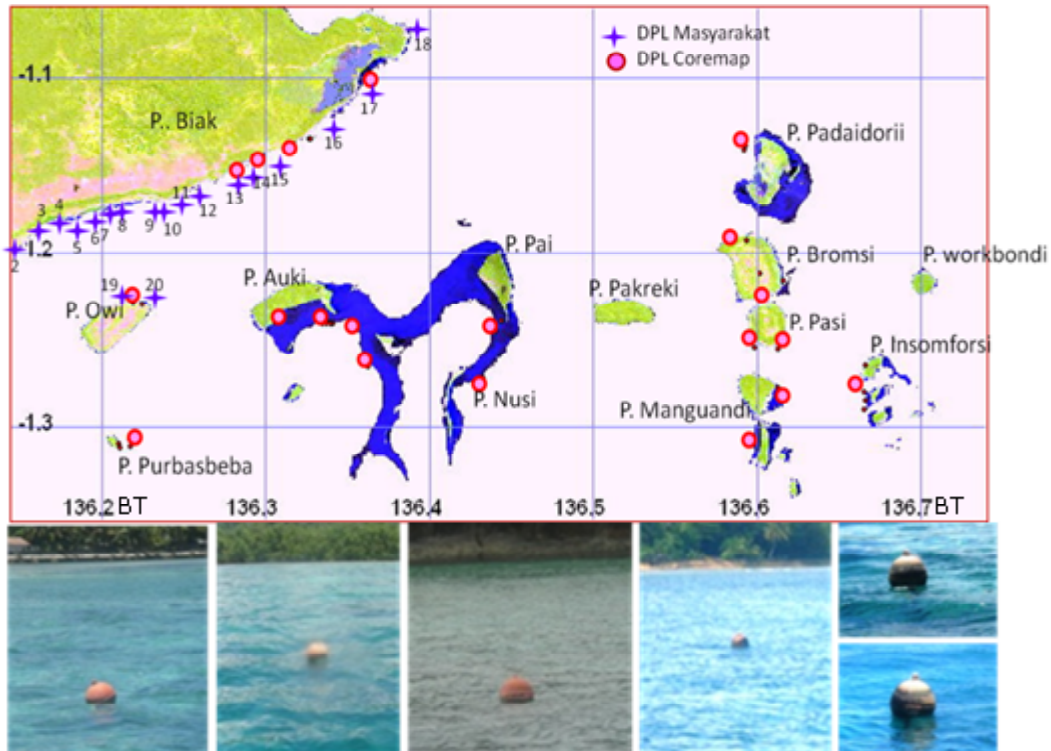
masyarakat sadar setelah program DPL berjalan, hasil tangkapan nelayan akan meningkat.

Tipe DPL tradisional yang dikelola masyarakat lokal dengan luas area kecil (33,2-58 ha), dimana secara periodik DPL ditutup mengikuti aturan kearifan lokal (misal: sasi di Maluku), atau diberlakukan pembatasan alat tangkap dengan tujuan agar DPL dapat menyediakan bahan pangan, mitigasi konflik, dan memudahkan masyarakat memanah ikan, seperti DPL di Muluk, Ahus (PNG), dan Pulau Kakalotan (Sulawesi Utara) menunjukkan keefektifan ketiga DPL tersebut meningkatkan biomassa dan ukuran ikan target daripada di luar DPL (McClanahan *et al.*, 2006). Kajian ini menunjukkan bahwa DPL yang didirikan Coremap LIPI tahun 2008 di pantai selatan Pulau Biak (4 DPL), Padaido Bawah (8 DPL) dan Padaido Atas (8 DPL) tergolong DPL tradisional; berukuran kecil (Gambar 5) dengan luas 15-20 ha (panjang $\pm$ 500 m; lebar $\pm$ 400 m); didirikan dan dikelola atas inisiatif masyarakat lokal, namun efektif mengelola SDIK seperti kajian McClanahan *et al.* (2006).

Selain DPL yang difasilitasi Coremap LIPI 2008, ada sekitar 25 DPL di pantai selatan Pulau Biak (Tabel 5) yang difasilitasi oleh Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) setempat, deretan DPL ini sambung-

menyambung dari satu desa ke desa lainnya (Gambar 5), sehingga walaupun secara individu DPL di setiap desa kecil (0,9-56,1 ha; luas rata-rata $\pm 17,2$ ha, lihat Tabel 5), namun secara keseluruhan DPL di Pantai selatan Pulau Biak menjadi luas. Densitas rata-rata kelompok ikan Target Di DPL adalah 2,8-3,2 ekor/m², sedangkan deretan DPL di sekitar Pulau Auki,

Padaido Bawah 3,2-3,6 ekor/m² lebih tinggi daripada di luar DPL (Gambar 4). DPL yang berdiri sendiri dengan jarak terpisah memiliki densitas rendah (< 1 ekor/m²), seperti DPL di Padaido Atas, karena disamping terpisah, pemanfaatan SDIK tidak ramah lingkungan juga mempengaruhi densitas ikan di DPL.



Gambar 5. Atas: Posisi DPL di selatan Pantai Pulau Biak dan Kepulauan Padaido Bawah (Pulau Owai, Auki, Pai, Nusi dan Purbasbeba) dan Padaido Atas (Pulau Padaidori, Bromsi, Pasi, Manguandi, Insomforsi); Bawah: Tanda DPL (pelampung) di masing-masing desa di Pantai selatan Pulau Biak.

Figure 5. Above: The position of DPL in the south of Biak Island as well as lower Padaido Islands (Owi, Auki, Pai, Nusi and Purbasbeba) and Upper Padaido (Padaidori, Bromsi, Pasi, Manguandi insomforsi Islands); Bellow: DPL mark (buoy) in each village of south Biak Island.

Letak DPL di depan desa menyebabkan aktifitas di DPL mudah terpantau, seperti di DPL Blongko (Crawford *et al.*, 2004) dan di Biak (Gambar 5). Jadi, jika ada nelayan dari dalam, maupun luar desa yang melakukan penangkapan ikan di DPL bisa segera dicegah, namun yang membuat DPL tradisional efektif

sebenarnya adalah kearifan lokal ("Sasi") yang melarang kegiatan pemanfaatan SDIK di lokasi DPL yang telah ditetapkan berdasarkan hasil keputusan rapat seluruh masyarakat desa yang diketuai oleh Kepala Desa, bersama Ketua adat dan Pemuka agama di desa.

Tabel 5. DPL di sepanjang pantai Biak Selatan (25 DPL) dan di Pulau Owi (2 DPL)
 Table 5. Sunctuary along the south of Biak Island (25 DPL) and in Owi Island (2 DPL)

No.	Nama Desa	Luas DPL (ha)	Koordinat/Posisi DPL			
			1	2	3	4
1	Ruar	56,1	136,166 BT -1,181	136,177 BT -1,328	136,180 BT -1,185	136,169 BT -1,185
2	Ibdi	14,3	136,183 BT -1,178	136,187 BT -1,178	136,187 BT -1,198	136,184 BT -1,199
3	Mandon	29,1	136,191 BT -1,176	136,199 BT -1,172	136,201 BT -1,178	136,194 BT -1,181
4	Yenusi	17,6	136,199 BT -1,172	136,202 BT -1,170	136,205 BT -1,177	136,201 BT -1,178
5	Orwer	33,3	136,214 BT -1,171	136,217 BT -1,170	136,202 BT -1,175	136,215 BT -1,175
6	Woniki	35,9	136,220 BT -1,170	136,239 BT -1,170	136,239 BT -1,174	136,220 BT -1,174
7	Bindusi	7,3	136,232 BT -1,170	136,234 BT -1,170	136,234 BT -1,172	136,232 BT -1,172
8	Soryar	9,0	136,232 BT -1,170	136,234 BT -1,170	136,234 BT -1,172	136,232 BT -1,172
9	Aryom	5,1	136,249 BT -1,167	136,253 BT -1,165	136,254 BT -1,165	136,250 BT -1,168
10	Opiaref	4,4	136,255 BT 1,164	136,259 BT 1,162	136,259 BT 1,163	136,255 BT 1,165
11	Saba - Marauw	16,2	136,255 BT -1,164	136,259 BT -1,162	136,259 BT -1,163	136,255 BT -1,165
12	Wadibu	5,1	136,295 BT -1,146	136,298 BT -1,145	136,299 BT -1,146	136,290 BT -1,148
13	Anggopi	3,0	136,304 BT -1,142	136,306 BT -1,142	136,307 BT -1,142	136,305 BT -1,143
14	Anggaduber	0,9	136,332 BT -1,129	136,335 BT -1,126	136,338 BT -1,130	136,336 BT -1,134
15	Animi	31,9	136,332 BT -1,129	136,335 BT -1,126	136,338 BT -1,130	136,336 BT -1,134
16	Kakur	52,6	136,340 BT -1,121	136,348 BT -1,115	136,351 BT -1,119	136,359 BT -1,123
17	Mnurwar	19,7	136,360 BT -1,095	136,364 BT -1,093	136,366 BT -1,096	136,363 BT -1,098
18	Sawadori	37,8	136,354 BT -1,059	136,395 BT -1,078	136,390 BT -1,082	136,387 BT -1,079
19	Wasori (P,Owi)	32,0	136,219 BT -1,219	136,223 BT -1,233	136,229 BT -1,229	136,219 BT -1,219
20	Sareidi (P, Owi)	16,7	136,164 BT -1,185	136,165 BT -1,186	136,163 BT -1,187	136,162 BT -1,187
21	Paray	4,1	136,164 BT -1,185	136,165 BT -1,186	136,163 BT -1,187	136,162 BT -1,187
22	Anggaraidi 1	3,5	136,162 BT -1,188	136,163 BT -1,188	136,163 BT -1,190	136,161 BT -1,188
23	Anggaraidi 2	1,3	136,158 BT -1,183	136,160 BT -1,183	136,157 BT -1,183	136,156 BT -1,183
24	Mokmer	8,6	136,146 BT -1,200	136,149 BT -1,199	136,149 BT -1,200	136,145 BT -1,201
25	Swapodibo	8,7	136,128 BT -1,200	136,132 BT -1,200	136,131 BT -1,201	136,129 BT -1,200
26	Manswam	5,8	136,134 BT -1,200	136,139 BT -1,201	136,139 BT -1,202	136,133 BT -1,201
27	Ambroben	10,42	136,122 BT -1,194	136,128 BT -1,196	136,127 BT -1,199	136,121 BT -1,197

KESIMPULAN

Terlepas dari banyak pendapat tentang kesuksesan dan keefektifan DPL atau opini sebaliknya, kajian ini membuktikan bahwa DPL tradisional yang didirikan oleh masyarakat di Kabupaten Biak-Numfor, efektif mengkonservasi SDIK. Manfaat DPL akan lebih terlihat dengan

bertambahnya umur DPL tersebut sejak didirikan pada 2008. Seraya menunggu DPL mencapai manfaat maksimum, DPL-DPL baru di kedua kabupaten harus terus didirikan, namun tetap memperkuat DPL yang telah ada melalui peningkatan pendidikan, penyadaran lingkungan, partisipasi masyarakat, peningkatan insentif ekonomi, dukungan jangka panjang dari pemerintah, LSM, akademisi, serta penguatan dan

revitalisasi kearifan lokal. Bertambah luasnya DPL melalui pendirian DPL-DPL baru sejalan dengan rencana menteri KKP yang menargetkan terwujudnya 20 juta ha DPL hingga tahun 2020.

DPL tradisional yang dikaji berukuran kecil efektif memberikan dampak positif, namun sangat dibutuhkan pula DPL berukuran besar seperti Taman Nasional, sehingga kombinasi antara DPL berukuran besar yang tidak efektif dan sistem pengelolaan DPL tradisional yang efektif dapat lebih meningkatkan fungsi dan/atau peran DPL dalam mengkonservasi ekosistem terumbu karang termasuk SDIK yang dikandungnya.

PERSATUAN

Data yang dipakai dalam tulisan ini berasal dari dana kegiatan penelitian DIPAUPT Loka Pemanfaatan dan Pengelolaan Biota Laut, Biak – LIPI antara tahun 2009 – 2013 dan Program Insentif bagi Penelitian dan Perekayasaan, DIKTI tahun 2010 dan 2011. Kepada seluruh teman-teman yang membantu/mengumpulkan data di lapangan, La Tanda, La Pai, Loudwik Dimara, Albertus Manggombo, Paul, Bachtiar dan teman-teman lainnya serta Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Biak-Numfor yang telah memberikan data DPL kami sampaikan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Amstrong, A. (2015). Reviewing the benefits of marine sanctuaries. Retrieved from Saveourmarine life.org.au/wp-content/uploads/2015/06/mpa-review.pdf.
- Babcock, R., Haywood, K., Vanderklift, M., Clapin, G., Kleczkowski, M., Dennis, D.,Limbourn, A. (2008). Ecosystem impacts of human usage and the effectiveness of zoning for biodiversity conservation: broad-scale fish census. CSIRO Marine and Atmospheric Research, (www.CSIRO.au). 99p.
- Bennett, N.J., & Dearden, P. (2014). Why local people do not support conservation: Community perceptions of marine protected area livelihood impacts, governance and management in Thailand. *Marine Policy*, 44, 107–116.
- Buxton C.D., Hartmann, K., Kearney, R., & Gardner, C. (2014). When is spillover from marine reserves likely to benefit fisheries? *PLoS ONE* 9(9), e107032. doi:10.1371/journal.pone.0107032.
- Chander, W.J., & Gilleen, H. (2005). The makings of the national marine sanctuaries act: A legislative history and analysis. Marine Conservation Biology Institute. Retrieved from www.mcbi.org.31 pp.
- Coad, L., Leverington, F., Knights, K., Geldmann, J., Eassom, A., Kapos, V.,Hockings, M. (2015). Measuring impact of protected area management interventions: current and future use of the Global Database of Protected Area Management Effectiveness. *Phil. Trans. R Soc. B* 370: 20140281. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0281>.
- De Vantier, L.M., Barnes, G.R., Daniel, P.A., & Johnson, D.B. (1985). *Studies in the assessment of coral reef ecosystems. Assessment Protocol*, AIMS, Townsville 168p.
- Denny, C.M., & Babcock, R.C. (2003). Do partial marine reserves protect reef fish assemblages? *Biological Conservation*, 116, 119–129.
- Denny C.M., Willis T.J., & Babcock R.C. (2004). Rapid recolonisation of snapper *Pagrus auratus*: Sparidae within an offshore island marine reserve after implementation no-take status. *Marine Ecology Progress Series*, 272, 183–190.
- English, S., Wilkinson C., & Baker, V. (Eds.). (1994). *Survey manual for tropical marine resources. Asean - Australia Marine Science Project: Living Coastal Resource*. Australian Institute of Marine Science. Townsville, Australia. 368 pp.
- Faiza, R. (2011). Efektifitas dan keberlanjutan pengelolaan daerah perlindungan laut berbasis masyarakat. (Kasus DPL-BM Blongko, Minahasa Selatan, DPL-BM Pulau Sebesi, Lampung Selatan dan APL Pulau Harapan, Kepulauan Seribu). Dissertasi Sekolah Pasca Sarjana – Institut Pertanian Bogor. 172 Hal.
- Fox, H.E., Mascia, M.B., Basurto, X., Costa, A., Glew, L., Heinemann, D., White, A.T. (2012). Reexamining the science of marine protected areas: Linking knowledge to action. *Conservation Letters*, 5, 1–10. doi: 10.1111/j.1755-263X.2011.00207.x
- Friedlander, A.M. (2001). Essential fish habitat and the effective design of marine reserves: Application for marine ornamental fishes. *Aquarium Sciences and Conservation*, 3, 135–150.
- Follesa M.C, Cannas, R., Cau, A., Cuccu, D., Gaston, A., Ortu, A., Porcu, C. (2011). Spillover

- effects of a Mediterranean marine protected area on the European spiny lobster *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) resource. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21, 564-572.
- Garcia-Rubies A., Hereu, B., & Zabala, M. (2013). Long-term recovery patterns and limited spillover of large predatory fish in a Mediterranean MPA. *PLoS ONE* 8(9), e73922. doi:10.1371/journal.pone.0073922
- Gell, F.R., & Roberts, C.M. ?Beneûts beyond boundaries: The ûshery effects of marine reserves. *Trends in Ecology and Evolution*. Retrieved from assets.panda.org/downloads/benefitsbeyondbound2003.pdf
- Goetze J.S., & Fullwood, L.A.F. (2013). Fiji's largest marine reserve benefits reef sharks. *Coral Reefs*, 32, 121-125.
- Gulland, J.A. (1983). *Fish stock assessment: A manual of A basic method* (p. 223). Wiley-Interscience publication.
- Halpern, B.S., Lester, S.E., & Kellner, J.B. (2010). Spillover from marine reserves and the replenishment of fished stocks. *Environ. Conservation*, 36, 268-276.
- Hart, T., Roman, C., & Tyrrell, M. (2010). *Survey methods for shallow water habitat mapping in Northeast National Parks, Wildlife Refuges, and Estuarine Research Reserves*. Workshop Proceedings: Natural Resource Technical Report NPS/NER/NRTR-2010/145. U.S. Department of the Interior National Park Service Northeast Region, Philadelphia, Pennsylvania. 44pp.
- Huffard, C.L., Erdmann, M.V., & Gunawan, T.R.P. (Eds). (2012). *Geographic priorities for marine biodiversity conservation in Indonesia*. Ministry of Marine Affairs and Fisheries and Marine Protected Areas Governance Program. Jakarta-Indonesia. 105 pp.
- Islami, G.M.N., Yew, T.S., Noh, K.M., & Noh.A.F.M. (2014). Community's perspectives towards marine protected area in perhentian marine park, Malaysia. *Open Journal of Marine Science*, 4, 51-60. Retrieved from <http://www.scirp.org/journal/ojms/http://dx.doi.org/10.4236/ojms.2014.42007>
- Kelleher, G. (editor), (1999). *Guidelines for marine protected areas*. *World Commission on Protected Areas of IUCN – The World Conservation Union*. 127pp.
- Kelly S., Scott, D., MacDiarmid, A.B., & Babcock, R.C. (2000). Spiny lobster, *Jasus edwardsii*, recovery in New Zealand marine reserves. *Biol Conserv* 92, 359-369.
- Kuiter, R.H., 1992. Tropical reef fishes of the Western Pacific Indonesia and Adjacent Waters, Gramedia Jakarta. 314 pp.
- Kuiter, R.H. (1993). *The complete diver's and fisherman's guide to coastal fishes of the south-eastern Australia*. Crawford House Publishing, Bathurst, 437pp.
- Kuiter, R.H., (1996). *Guide to sea fishes of Australia. A comprehensive reference for divers and fisherman*. New Holland Ltd., 433 pp.
- Lesike, E., & Myers, R. (1995). *Coral reef fishes of indo pacific and caribbean*. Harper collin. Publish. 400p.
- Lorwens, J., La tanda & Wouthuyzen, S. (2013). Pendugaan stok ikan karang di Perairan Biak dan Kepulauan Padaido, Papua. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 39(5), 347-368.
- Lorwens, J. (2013). Kajian tentang sumberdaya ikan karang dan kondisi lingkungan terumbu guna menentukan strategi pemeamanfaatannya secara berkelanjutan di perairan Aruri, Kabupaten Supiori, Propinsi Papua. Laporan akhir UPT Loka Pemanfaatan dan Pengelolaan Biota Laut, Biak – LIPI.
- Machumu, M.E., & Yakupitiyage, A. (2013). Effectiveness of Marine Protected Areas in Managing the Drivers of Ecosystem Change: A Case of Mnazi Bay Marine Park, Tanzania. *AMBIO*, 42, 369–380, DOI 10.1007/s13280-012-0352-8.
- Maliao R.J., Webb, E.L., & Jensen, K.R. (2004). A survey of stock of the donkey's ear abalone, *Haliotis asinina* in the Sagay Marine Reserve, Philippines: evaluating the effectiveness of marine protected area enforcement. *Fisheries Research*, 66, 343-353.
- Marine Parks Authority. (2008). *A review of benefits of marine protected areas and related zoning considerations*. Retrieved from www.mpa.nsw.gov.au. 14 pp.
- McClanahan, T.R., Marnane, M.J., Cinner, J.E., & Kiene, W.E., (2006). A Comparison of Marine

- Protected Areas and Alternative Approaches to Coral-Reef Management. *Current Biology*, 16, 1408–1413. DOI 10.1016/j.cub.2006.05.062
- McCoy, G.M.R., Dromard, C.R., & Turner, J.R. (2010). An evaluation of Grand Cayman mpa performance: A Comparative Study of Coral Reef Fish Communities. Proceedings of the 62nd Gulf and Caribbean Fisheries Institute, November 2-6, 2009, Cumana, Venezuela. Page 2-9,
- Muthiga, N.A., (2009). Evaluating the effectiveness of management of the Malindi–Watamu marine protected area complex in Kenya. *Ocean & Coastal Management*.
- NOAA Fisheries. (2012). Fish Stock Assessment 101 Series: Part 1—Data Required for Assessing U.S. Fish Stocks. Retrieved from: http://www.nmfs.noaa.gov/story/2012/05/05_2312stock_assessment_101_part1.html.
- Perera, N., & de Vos, A. (2007). Marine protected areas in Sri Lanka: A Review. *Environ Manage.* 40, 727–738. DOI 10.1007/s00267-005-0154-x.
- Pikitch, E., (2016). A primer on marine protected areas background for 10X20 Conference. Retrieved from: www.italyun.esteri.it/.../resource/resource/2016/03/mpa_primer.pdf
- Pina-Amargós, F., González-Sansón, G., Martín-Blanco, F., & Valdivia, A. (2014). Evidence for protection of targeted reef fish on the largest marine reserve in the Caribbean. *PeerJ* 2:e274; DOI 10.7717/peerj.274
- Pomeroy, R.S., Parks, J.E., & Wilson, L.M. (2004). *How is your MPA doing ? A guidebook of natural and social indicators for valuating Marine Protected Area Management effectiveness*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Xvi + 216 p.
- Razon, B.C., Liao, L.M., & Nakagoshi, N. (2012). Success and Failure of Marine Protected Area Management Affecting the Fish Catch by Adjacent Fishermen in Sarangani Bay, Mindanao, Philippines. *South Pacific Studies*. 33 (1)
- Roberts, C.M. & Hawkins, J.P. (2000). *Fully-protected marine reserves: A guide*. WWF. Endangered Seas Campaign, 1250 24th Street, NW, Washington, DC 20037, USA and Environment Dep., University of York, York, YO10 5DD, UK.
- Russ, G.R., Alcala, A.C., & Maypa, A.P. (2003). Spillover from marine reserves: the case of *Naso vlamingii* at Apo Island, the Philippines. *Marine Ecology Progress Series*, 264, 15-20.
- Russ, G. R. , & Alcala, A.C. (2004). Marine reserves: Long term protection is required for full recovery of predatory fish populations. *Oecologia*, 13, 622-627.
- Russ, G.R., Miller, K.I., Rizzari, J.R., & Alcala, A.C. (2015). Long-term no-take marine reserve and benthic habitat effects on coral reef fishes. *Mar Ecol Prog Ser*. Vol. 529, 233–248, 2015. doi: 10.3354/meps11246.
- Stobart, B., Warwick, R., González, C., Mallo, S., Díaz, D., Reñones, o., & Goñi, R. (2009). Long-term and spillover effects of a marine protected area on an exploited fish community. *Mar Ecol Prog Ser*, 384, 47–60, doi:10.3354/meps08007
- Suharsono (2007). Pengelolaan terumbu karang di Indonesia. *Orasi pengukuhan Professor Riset, Bidang Ilmu Biologi Laut - LIPI*. (Tidak dipublikasi, 112 pp).
- Suyarso & Djuwariah (2008). Studi baseline terumbu karang di lokasi Daerah Perlindungan Laut Biak, Kabupaten Biak Numfor. *COREMAP 2008*. 120 pp.
- White, A.T. & Green, S. (2008). Successful marine protected areas required broad support: Philippine Case. *International Marine Tropical Ecosystem Management Symposium*. Manila, Philippines (2008). 15 pp
- Williamson D.H., Russ, G.R., & Ayling A.M. (2004) No-take marine reserves increase abundance and biomass of reef fish on inshore fringing reefs of the Great Barrier Reef. *Environmental Conservation*, 31(2): 149-159.
- Willis T.J., Millar R.B., & Babcock R.C. (2003). Protection of exploited fish in temperate regions: high density and biomass of snapper *Pagrus auratus* (Sparidae) in northern New Zealand marine reserves. *Journal Applied Ecology*, 44, 214-227.
- Wouthuyzen, S. (1995). Status ekosistem wilayah pesisir Pulau Biak dan sekitarnya. Laporan Akhir 1994/1995. *Balai Penelitian dan Pengembangan Sumber daya Laut Ambon*. P2O-LIPI, 138 hal.
- Wouthuyzen, S., Sapulete, D., Peristiwadi T., Hukom, F., La Tanda, Papalia, S., & Lorz, J. (2001). Pengkajian metodologi pendugaan stok ikan karang di P. Biak dan P.P. Padaido. Laporan

Akhir Balai Penelitian dan Pengembangan Sumber
Daya Laut, Ambon, P2O-LIPI.129 pp.

Wouthuyzen, S. & Lorwens, J. (2015). *Pendugaan
Stok Ikan Karang (BAB IV 125-166)*. Dalam

Protokol Pengkajian Stok Sumber daya Ikan.
Komisi Nasional Pengkajian Sumber Daya Ikan.
Kementrian Kelautan dan Perikanan.125-166.