

**KOMPARASI POLA SPASIAL KONDISI TERUMBU KARANG TAMAN NASIONAL
KARIMUNJAWA**
**COMPARATION OF SPATIAL PATTERNS CONDITIONS OF CORAL REEFS KARIMUNJAWA
NATIONAL PARK**

Munasik^{1*}, Andy Ahmad Romadhoni¹, Muhammad Helmi²

¹Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

²Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698

*Corresponding author email: munasik@live.undip.ac.id

Submitted: 10 August 2021 / Revised: 26 August 2021 / Accepted: 27 August 2021

<http://doi.org/10.21107/jk.v14i2.11436>

ABSTRACT

Comparative studies on the percentage of coral reef substrate cover have been carried out in 3 (three) management zones (protection zone, utilization and Non-MPA) Karimunjawa National Park (KNP), Central Java. The Manta Tow broadscale coral reef assessment method was applied to the north side of Bengkoang Island and the south side of Cemara Besar Island (protection zone), southern side of Bengkoang Island and northern side of Cemara Besar Island (utilization zone) and Non-MPA (Seruni Island) to observe live coral cover, dead coral, coral rubble and soft coral. Substrate cover variations from 10-12 towing (track length 200m) from each side of the island have formed a spatial pattern of coral reef conditions. Furthermore, the condition of the coral reefs was confirmed using the UPT (Underwater Photo Transect) detailed assessment method with one station on each side of the island. The results showed that there were differences in the spatial pattern of coral reef conditions as indicated by significant differences in the percentage of live coral cover, dead coral, rubble and coral lifeform among management zones of the KNP. The condition of coral reefs of the MPA is better and has a higher diversity of coral species than Non-MPA of the Karimunjawa National Park. The spatial pattern of coral reef conditions can be used as an indicator of disturbances in the coral reef ecosystem and can be used for periodic analysis of coral reef monitoring data in conservation areas.

Keywords: spatial pattern, coral reef condition, manta tow, underwater photo transect, Karimunjawa National Park.

ABSTRAK

Studi perbandingan persentase tutupan substrat terumbu karang telah dilakukan pada 3 (tiga) zona pengelolaan (zona perlindungan, pemanfaatan dan luar kawasan) Taman Nasional Karimunjawa, Jawa Tengah. Metode penilaian terumbu karang skala luas Manta Tow diaplikasikan di sisi utara P. Bengkoang dan sisi selatan P. Cemara Besar (zona perlindungan), sisi selatan P. Bengkoang dan sisi utara P. Cemara Besar (zona pemanfaatan) dan luar kawasan (P. Seruni) untuk mengamati tutupan karang hidup, karang mati, pecahan karang dan karang lunak. Variasi persentase tutupan substrat dari 10-12 tarikan Manta Tow (panjang lintasan 200m) dari masing-masing sisi pulau telah membentuk pola spasial kondisi terumbu karang. Selanjutnya penilaian kondisi terumbu karang dikonfirmasi dengan menggunakan metode penilaian rinci UPT (Underwater Photo Transect) dengan satu stasiun setiap sisi pulau. Hasil menunjukkan terdapat perbedaan pola spasial kondisi terumbu karang yang ditunjukkan oleh perbedaan yang signifikan persentase tutupan karang hidup, karang mati, pecahan karang dan lifeform karang antar zona pengelolaan. Kondisi terumbu karang di dalam kawasan lebih baik dan memiliki keragaman jenis karang lebih tinggi daripada di luar kawasan Taman Nasional Karimunjawa. Pola spasial kondisi terumbu karang dapat dijadikan indikator terjadinya gangguan pada ekosistem terumbu karang di suatu kawasan dan dapat digunakan untuk analisis data pemantauan terumbu karang secara berkala di kawasan konservasi.

Kata Kunci: pola pasial, kondisi terumbu karang, manta tow, underwater photo transect, Taman Nasional Karimunjawa,

PENDAHULUAN

Terumbu karang adalah salah satu ekosistem penting dalam penyediaan pangan, kesehatan, pelindung pantai dan rekreasi, akan tetapi rentan dan mudah rusak akibat gangguan lingkungan. Untuk itu upaya pemantauan kondisi terumbu karang menjadi kebutuhan bagi pengelola untuk menyediakan informasi kondisinya. Studi kondisi terumbu karang di Indonesia telah lama diterapkan yang diawali oleh pelatihan metodologi penilaian terumbu karang LIPI di tahun 1995 memperkenalkan metode penilaian rinci transek garis *Line Intercept Transect* (LIT) dan metode penilaian skala luas Manta Tow (English *et al.*, 1997). Penerapan metode rinci lainnya, *Point Intercept Transect* (PIT) menyusul berikutnya setelah peluncuran *Reef Check* Indonesia di Karimunjawa 1996. Pengembangan metode penilaian berikutnya adalah penerapan metode Transek Foto Bawah Air, *Underwater Photo Transect* (UPT). Metode ini merupakan pengembangan transek garis yang dalam penerapannya memanfaatkan perkembangan teknologi kamera digital bawah air sehingga hasil pengamatan terdokumentasi dengan baik (Giyanto *et al.*, 2010; Giyanto 2012b). Kajian kondisi terumbu karang hingga saat ini umumnya banyak menerapkan metode penilaian rinci dalam satu titik pengamatan (*single point*) yang mewakili satu wilayah untuk berbagai tujuan, seperti pemantauan, permintakatan (zonasi), rehabilitasi, kajian potensi dan status suatu area terumbu karang (Arafat *et al.*, 2020; Malinda *et al.*, 2020; Saptarini *et al.*, 2017; Bahri *et al.*, 2015; Adibrata, 2013), dan kurangnya aplikasi metode penilaian skala luas, termasuk di Kawasan Taman Nasional Karimunjawa (Wijayanto *et al.*, 2021; Sulisyati *et al.*, 2014; Yusuf, 2013).

Taman Nasional Karimunjawa (TNKj) adalah salah satu kawasan konservasi di Indonesia yang memiliki potensi terumbu karang yang kaya (Campbell *et al.*, 2013), Status ekologi dan pengelolaan perikanan terumbu karang TNKj telah banyak dikaji (Nababan *et al.*, 2010; Campbell and Pardede, 2006; Yuliana *et al.*, 2019) dan dalam rangka meningkatkan efektivitas pengelolaan telah dilakukan revisi zonasi 2005, 2010 dan telah disahkan tahun 2012 (Sulisyati *et al.*, 2019). Meskipun demikian praktek penangkapan ikan yang merusak terus berlangsung di kawasan konservasi (Campbell *et al.* 2013) sehingga luasan terumbu karang menurun seiring

dengan waktu mulai tahun 1996, 2002 hingga 2016 sebesar 16% (Irawan *et al.*, 2017) dan tutupan karang juga menurun hamper mencapai 30% (Kennedy *et al.*, 2020). Studi penilaian kondisi terumbu karang di perairan TNKj umumnya menggunakan metode penilaian rinci yaitu transek garis dan transek titik (Wijayanto *et al.*, 2021; Sulisyati *et al.*, 2014; Yusuf, 2013). Akan tetapi hasil penilaian kondisi terumbu karang tidak konsisten sehingga menimbulkan pertanyaan, bagaimana sesungguhnya kondisi terumbu karang di TNKj. Perbedaan hasil penilaian itu kemungkinan adalah akibat penggunaan metode pengamatan rinci pada satu titik *single point* untuk menyimpulkan kondisi suatu wilayah yang memiliki terumbu karang lebih luas. Resiko kekeliruan dalam menentukan stasiun menyebabkan hasil yang bias, terutama untuk studi evaluasi zona pengelolaan. Aplikasi metode rinci UPT untuk membandingkan kondisi terumbu karang di dalam dan luar kawasan Taman Nasional Kepulauan Seribu menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata (Fauziah *et al.*, 2018). Sehingga diperlukan metode penilaian yang dapat menghasilkan data pengamatan dari banyak titik (*multipoint*), seperti Manta Tow sehingga menghasilkan populasi data berupa sebaran spasial persentase tutupan substrat yang membentuk sebuah sebaran kondisi terumbu karang yang khas. Hasil studi penggunaan beberapa metode penilaian yang lebih mudah dan sederhana menghasilkan data kondisi terumbu karang yang sama, seperti Facon *et al.* (2016) telah menguji efektivitas metode PIT dibandingkan LIT. Arafat *et al.* (2020) juga menyarankan bahwa penilaian terumbu karang dengan metode skala luas Manta Tow dan metode rinci UPT memberikan hasil yang sama.

Untuk menguji efektivitas pengelolaan ekosistem terumbu karang di kawasan konservasi Taman Nasional Karimunjawa diperlukan penerapan metode penilaian yang tepat yang mewakili masing-masing zona pengelolaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan pola spasial kondisi terumbu karang dari data sebaran persentase tutupan substrat antar zona pengelolaan Taman Nasional Karimunjawa dengan menggunakan metode *Manta Tow*.

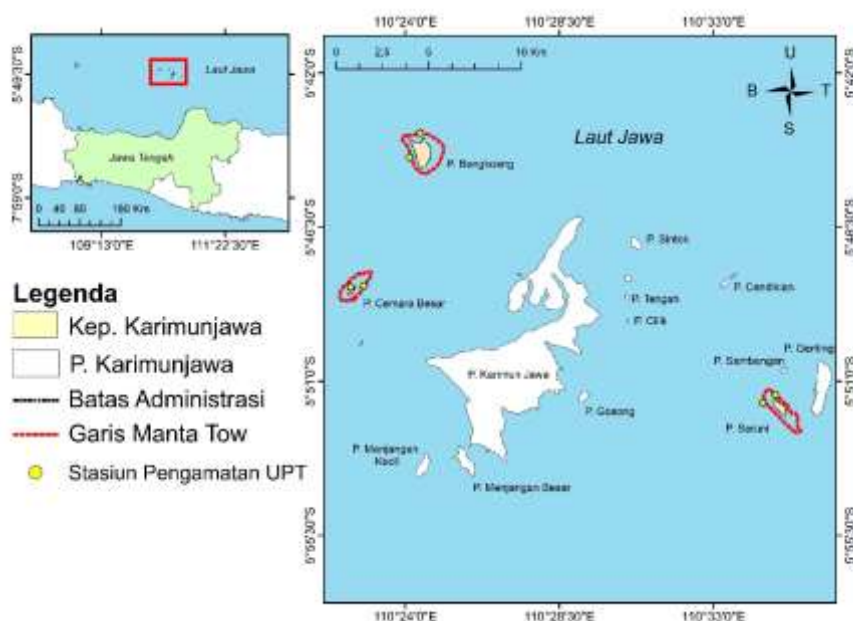
Selanjutnya pola spasial kondisi terumbu karang setiap zona pengelolaan dikonfirmasi dengan metode rinci *Underwater Photo Transect* (UPT) untuk mengetahui kondisi terumbu karang dan keragaman jenis karang keras penyusunnya.

MATERI DAN METODE

Metode

Survei kondisi terumbu karang dilakukan pada April 2018 dengan memilih 3 (tiga) pulau yang mewakili zona perlindungan (bahari), zona pemanfaatan (wisata bahari) dan zona luar kawasan Taman Nasional Karimunjawa, Jawa

Tengah (**Gambar 1**). Pengamatan terumbu karang zona pemanfaatan wisata bahari dilakukan pada sisi utara P. Cemara Besar dan sisi selatan P. Bengkoang sedangkan lokasi untuk zona perlindungan bahari adalah di sisi selatan P. Cemara Besar dan sisi utara P. Bengkoang. Pengamatan kondisi terumbu karang di luar kawasan Taman Nasional dilakukan di sisi timur dan barat P. Seruni. Penentuan zona pengelolaan kawasan Taman Nasional Karimunjawa tersebut merujuk pada Peta Zonasi Taman Nasional Karimunjawa 2012 (Suliswati et al., 2018).



Gambar 1. Lokasi penelitian di zona perlindungan dan zona pemanfaatan (P. Bengkoang dan P. Cemara Besar) dan P. Seruni, zona luar kawasan Taman Nasional Karimunjawa.

Pengamatan kondisi terumbu karang dilakukan dengan dua metode penilaian, yaitu *rapid assessment Manta Tow* dan *Underwater Photo Transect* (UPT). Untuk mengestimasi tutupan karang hidup, karang mati, pecahan karang dan karang lunak, sebanyak 10 tarikan (*towing*) telah diaplikasikan untuk masing-masing sisi P. Bengkoang dan P. Seruni dan sejumlah 12 tarikan telah diterapkan masing-masing sisi P. Cemara, total seluruhnya 64 tarikan (*towing*). Pengamatan kondisi terumbu karang secara cepat dengan jangkauan yang luas ini dilakukan oleh seorang pengamat yang ditarik menggunakan perahu motor, melintasi punggung terumbu (*reef crest*) sepanjang kurang lebih 200 m setiap tarikan. Hasil pengamatan estimasi tutupan substrat dan kategori substrat pada setiap tarikan dicatat pada lembar data (*data sheet*, English et al, 1997). Untuk mengetahui persentase tutupan dan komposisi genera karang hidup

pada masing-masing zona pemanfaatan, perlindungan dan di luar kawasan telah diterapkan pula metode penilaian rinci *Underwater Photo Transect* (UPT) untuk setiap zona, setiap pulau terdiri dari 2 stasiun sehingga totalnya 6 (enam) stasiun penilaian. Metode penilaian kondisi terumbu karang UPT adalah metode transek foto bawah air ini biasanya digunakan untuk pemantauan kondisi terumbu karang pada stasiun terpilih berdasarkan persentase tutupan substrat dasar (UPT; Giyanto et al., 2010). Metode ini merupakan pengembangan dari metode *Point Intercept Transect* (PIT), *Line Intercept Transect* (LIT) dan *Permanent Quadrat Method* (PQM; Hill & Wilkinson, 2004; English et al, 1997). Transek kuadrat (*frame*) 58 x 44 cm diletakkan pada substrat dasar mengikuti transek garis permanen dengan panjang transek garis 50 m di kedalaman 5-7m. Penerapan *frame* pada transek garis dengan

interval jarak 1 m yang dimulai pada titik 0 m (angka genap) *frame* diletakkan disebelah kanan atau sebelah bawah garis transek dan pada setiap angka ganjil berada disebelah kiri atau berada di atas garis transek dan seterusnya, sehingga diperoleh sebanyak 50 eksposur foto untuk setiap stasiun. Data hasil pemotretan setiap stasiun dalam penyimpanan kamera kamera bawah air digital kemudian disalin ke dalam computer untuk dianalisis (Giyanto, 2012a; Giyanto, 2012b).

Analisis Data

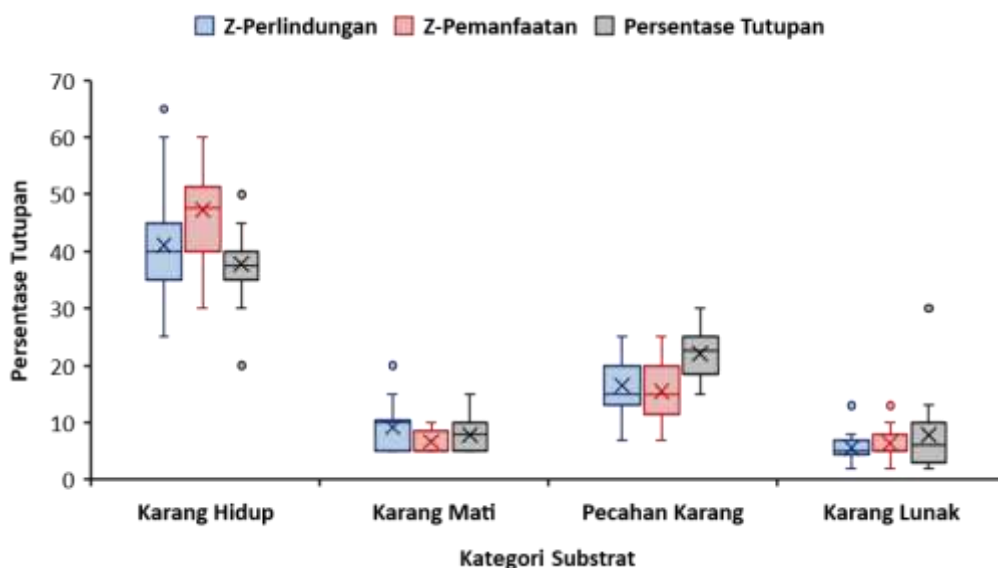
Perbandingan pola spasial persentase tutupan substrat dasar antar zona pengelolaan, dianalisis secara deskriptif menggunakan grafik diagram *Boxplot* dengan membandingkan derajat lebar *box*, simetris, kecondongan (*skewness*) dan data pencilan (*outlier*) atau data ekstrim. Sedangkan untuk menguji perbedaan pola spasial kondisi terumbu karang, data persentase tutupan karang hidup, karang mati, pecahan karang, karang lunak dan lifeform karang pada setiap zona, data hasil pengamatan Manta Tow dianalisis dengan menggunakan statistik sidik ragam (ANOVA pada tingkat kepercayaan 95%, $p < 0,05$) dengan piranti lunak SPSS 22. Selanjutnya data pemotretan substrat dasar setiap *frame* hasil penilaian kondisi terumbu karang metode UPT (*Underwater Photo Transect*) dianalisis dengan menggunakan piranti lunak CPCe (*Coral Point Count with*

Excel extension) versi 4.1. (Kohler & Gill, 2006). Analisis data penilaian rinci kondisi terumbu karang metode UPT meliputi persentase tutupan substrat dasar (HC, DC, DCA, SC, FS, OT, R, S, SI, RK), persentase tutupan karang hidup diidentifikasi hingga tingkat spesies mengikuti Veron (2000), keanekaragaman jenis karang keras menggunakan Indeks Shannon Wiener (H') dan Simpson. Selanjutnya kriteria kondisi terumbu karang dinyatakan berdasarkan persentase tutupan karang hidup merujuk pada Kepmen LH No.4/2001 (sangat baik 75-100%; baik 50-74,9%; sedang 25-49,9%; buruk 0-24,9%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil menunjukkan bahwa pola spasial kondisi terumbu karang berbeda antar zona pengelolaan Taman Nasional Karimunjawa. Persentase tutupan substrat karang hidup, karang mati, pecahan karang berbeda nyata ($p < 0,05$) antar zona pengelolaan kawasan. Rerata persentase tutupan karang hidup zona pemanfaatan lebih tinggi dari pada zona perlindungan maupun zona luar kawasan Taman Nasional Karimunjawa. Setiap zona pengelolaan memiliki karakteristik pola spasial kondisi terumbu karang yang ditunjukkan oleh sebaran data tutupan karang hidup, pecahan karang dan karang lunak (**Gambar 2**).



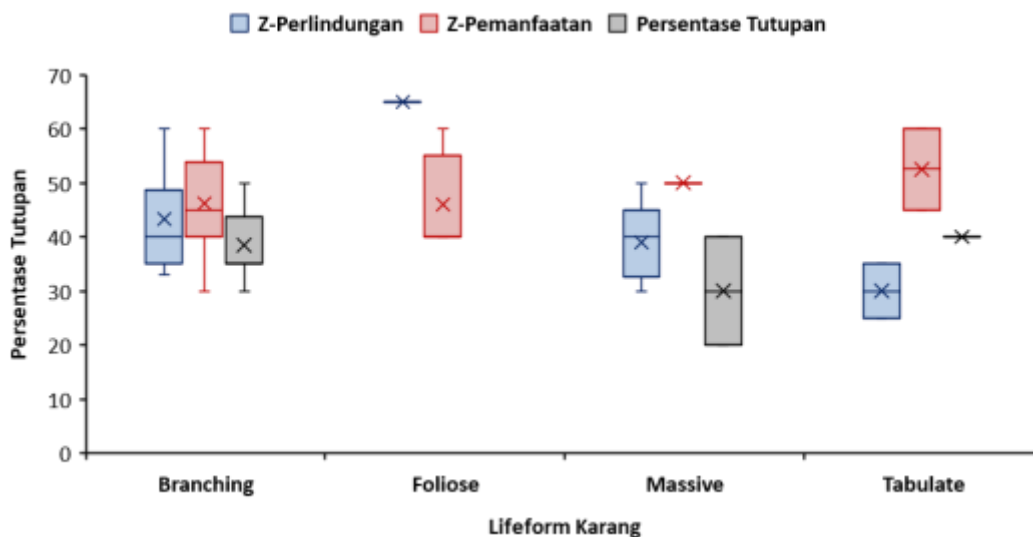
Gambar 2. Diagram *Boxplot* persentase tutupan substrat dasar hasil pengamatan metode Manta Tow antar zona pengelolaan Taman Nasional Karimunjawa.

Persentase tutupan karang hidup di zona pengelolaan dalam kawasan lebih bervariasi (25-60%) daripada zona di luar Taman Nasional Karimunjawa yang ditunjukkan oleh

derajat lebar *box*, bahkan terdapat data ekstrim tutupan karang hidup tertinggi hingga 65% di zona dalam kawasan konservasi. Hasil ini mengindikasikan bahwa kondisi terumbu

karang di zona dalam kawasan bervariasi dari sedang hingga baik dengan kisaran persentase tutupan yang ekstrim, sedangkan kondisi terumbu karang di luar kawasan konservasi cenderung tidak bervariasi dan ditemukan kondisi terumbu karang dalam kategori buruk. Rendahnya tutupan terumbu karang di zona luar kawasan konservasi diikuti oleh besarnya tutupan karang lunak dan pecahan karang hingga mencapai 30%. Sedangkan besarnya variasi tutupan karang hidup di zona dalam kawasan diikuti pula oleh besarnya variasi tutupan pecahan karang (7-25%). Tingginya variasi kondisi terumbu karang di zona pengelolaan dalam kawasan disebabkan karena terdapatnya spot-spot substrat berupa pecahan karang akibat kerusakan fisik.

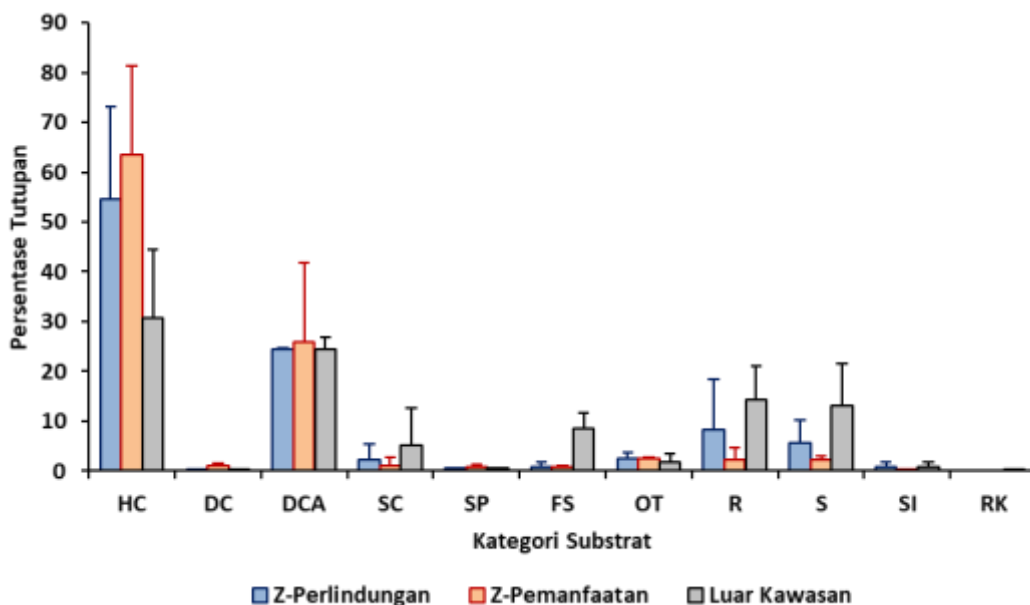
Persentase tutupan *liform* karang juga berbeda nyata ($p < 0,05$) antar zona pengelolaan kawasan Taman Nasional Karimunjawa. Bentuk pertumbuhan (*liform*) *branching*, *foliose* dan *tabulate* banyak ditemukan di zona pemanfaatan demikian pula di zona perlindungan ditemukan *branching*, *massive* dan *tabulate* (**Gambar 3**). Sedangkan di luar kawasan Taman Nasional Karimunjawa lebih banyak ditemukan bentuk karang (*liform*) *massive* dan sedikit ditemukan *branching*. Hasil menunjukkan bahwa zona dalam kawasan memiliki *liform* karang yang lebih bervariasi dibandingkan zona di luar kawasan.



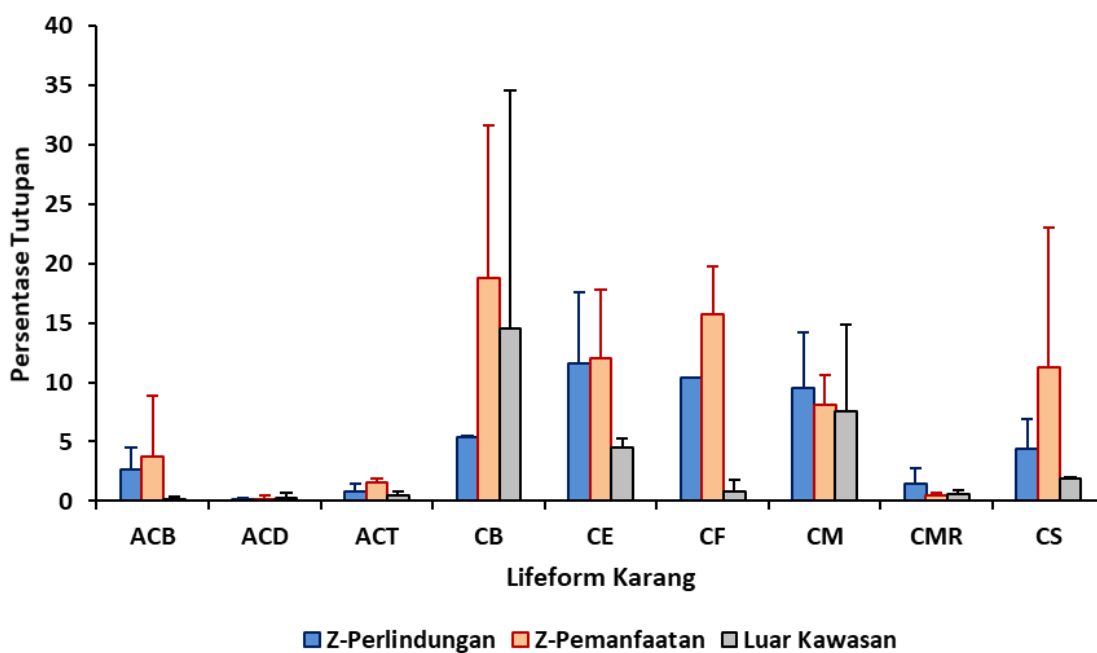
Gambar 3. Diagram *Boxplot* persentase tutupan *liform* karang keras hasil pengamatan metode Manta Tow antar zona pengelolaan Taman Nasional Karimunjawa.

Hasil penilaian rinci kondisi terumbu karang dengan menggunakan metode UPT telah mengkonfirmasi perbedaan pola spasial kondisi terumbu karang antara zona pengelolaan di dalam dan luar kawasan Taman Nasional Karimunjawa, yaitu kondisi terumbu karang di dalam kawasan lebih baik daripada di luar kawasan. Persentase tutupan karang hidup dalam kawasan 41,3-76,1% dengan kategori kondisi terumbu karang sedang hingga baik sekali, sedangkan di luar kawasan 21,1-40,4% dengan kondisi buruk hingga sedang (**Gambar 4**). Rendahnya tutupan karang hidup di zona luar kawasan karena substrat dasar tersusun atas DCA (*Dead Coral with Algae*, Karang mati), R (*Rubble*, pecahan karang), S (*Sand*, pasir), FS (*Fleshy seaweed*) dan SC (*Soft coral*, karang lunak). Perbedaan tutupan *liform* karang juga terkonfirmasi oleh hasil penilaian rinci,

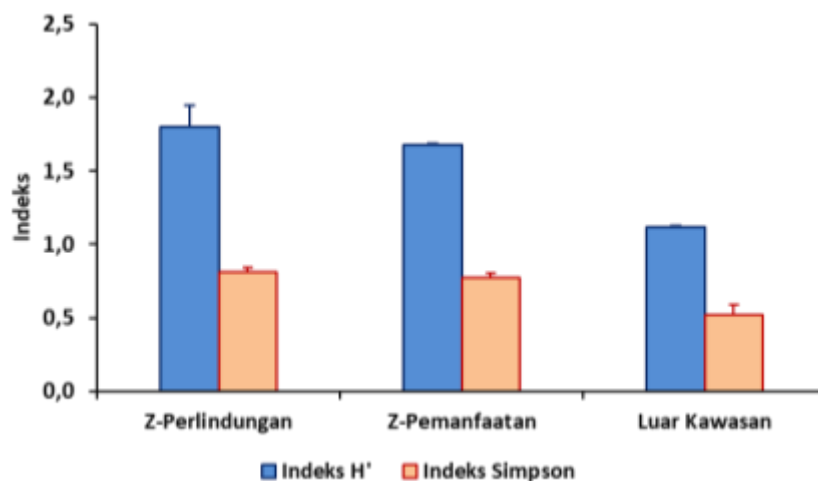
yaitu tingginya tutupan karang masif dan *branching* serta rendahnya *Acropora* di luar kawasan Taman Nasional Karimunjawa (**Gambar 5**). Hasil pengamatan metode UPT ini juga menunjukkan bahwa kondisi terumbu karang di zona dalam kawasan lebih baik daripada di luar kawasan juga ditunjukkan oleh tingginya keragaman jenis karang. Indeks keragaman jenis karang keras (H') Shannon Wiener di dalam kawasan 1,67-1,90, lebih tinggi daripada indeks H' di luar kawasan Taman Nasional Karimunjawa, 1,11-1,12 (**Gambar 6**). Genera karang *Porites*, *Acropora*, *Montipora*, *Pocillopora*, *Fungia* dan *Favites* rata-rata ditemukan di semua lokasi pengamatan. *Porites* mendominasi tutupan karang hidup hingga mencapai 35,9% sedangkan genus *Montipora* 14,7% dan *Acropora*, 11,3% dari total tutupan substrat dasar di satu lokasi pengamatan (**Tabel 1**).



Gambar 4. Persentase tutupan substrat dasar hasil pengamatan metode *Underwater Photo Transect* (UPT) antar zona pengelolaan Taman Nasional Karimunjawa



Gambar 5. Persentase tutupan karang hidup berdasarkan lifeform hasil pengamatan metode *Underwater Photo Transect* (UPT) antar zona pengelolaan Taman Nasional Karimunjawa



Gambar 6. Indeks keragaman jenis karang keras hasil pengamatan metode *Underwater Photo Transect* (UPT) antar zona pengelolaan Taman Nasional Karimunjawa

Tabel 1. Komposisi genera karang keras (%) hasil pengamatan metode *Underwater Photo Transect* (UPT) antar zona pengelolaan Taman Nasional Karimunjawa

Genera	Z-Perlindungan		Z-Pemanfaatan		Luar Kawasan		Dalam Kawasan	Luar Kawasan
	CB2	B 2	B 1	CB1	S1	S2		
Acropora	1,87	5,87	1,80	11,33	0,20	0,80	5,22	0,50
Alveopora	0,07	0,73	0,20	0,07			0,27	
Anacropora	0,20	0,13		0,13	0,07	3,07	0,16	1,57
Astreopora		0,93	0,87		0,93	0,53	0,90	0,73
Coeloseris	0,20				0,33		0,20	0,33
Ctenactis	0,13	0,20		0,07	0,13	0,13	0,13	0,13
Cyphastrea	0,67						0,67	
Diploastrea	0,80	1,27	0,87	0,40	0,47		0,83	0,47
Echinopora	1,33	1,27		6,07	0,27	0,07	2,89	0,17
Favia	1,00		0,40		0,40	0,67	0,70	0,53
Favites	0,67	1,07	1,27	0,87	1,00	0,13	0,97	0,57
Fungia	2,07	0,40	0,27	0,53	0,47	0,13	0,82	0,30
Galaxea	0,07	0,13		0,20	0,07	0,13	0,13	0,10
Goniastrea	0,07	0,73					0,40	
Leptoria			0,07	0,20			0,13	
Lobophyllia	0,40			1,07	0,07		0,73	0,07
Merulina	0,26	0,80	7,00	0,60	0,13		2,17	0,13
Montastrea					0,07			0,07
Montipora	13,60	7,67	14,67	5,13	0,73	4,73	10,27	2,73
Pachyseris	0,67	2,87	0,07	3,67	0,07		1,82	0,07
Pavona	1,40	0,07		2,67		0,33	1,38	0,33
Pocillopora	0,20	1,07	12,00	0,00	0,07	2,47	3,32	1,27
Porites	24,13	11,53	35,93	32,80	14,00	25,47	26,10	19,73
Seriatopora		2,40		0,13			1,27	
Stylophora						0,20		0,20
Symphyllia		0,07					0,07	
Total Tutupan	49,80	39,20	75,40	65,93	19,47	38,87	57,58	29,17

Pembahasan

Pola spasial kondisi terumbu karang berbeda menurut zona pengelolaan Taman Nasional Karimunjawa (TNKj) yang diikuti oleh besarnya variasi persentase tutupan karang terutama di zona dalam kawasan. Hasil juga menunjukkan bahwa persentase tutupan karang hidup di kawasan konservasi ini sangat bervariasi, rendahnya tutupan karang hidup ini umumnya diikuti pula oleh meningkatnya tutupan karang mati dan pecahan karang serta tutupan karang lunak. Hal ini mengindikasikan telah terjadi riwayat kerusakan fisik sebelumnya baik secara alami maupun akibat pemanfaatan yang tidak ramah lingkungan. Secara alami, kerusakan terumbu karang terjadi akibat gelombang dan badai pada sisi pulau hadap angin (*windward*) pada saat musim barat maupun musim timur (Tomascik *et al.*, 1997), seperti di sisi utara dan timur laut P. Bengkoang (zona perlindungan) yang hanya memiliki tutupan karang dalam kondisi sedang. Sedangkan kerusakan fisik akibat pemanfaatan kemungkinan terjadi akibat penangkapan ikan dan pariwisata yang tidak ramah lingkungan dan pada satu-dua dekade terakhir. Memperhatikan kerusakan fisik berupa spot-spot dalam kisaran 5-10m terutama di sisi utara P. Cemara Besar (zona pemanfaatan), hal ini kemungkinan akibat praktek perikanan Muroami yang pernah berkembang pesat pada tahun 1990-an dan berlanjut pada tahun 2003 di Karimunjawa (Chapbell, 2003; Nababan *et al.*, 2010). Substrat dasar terumbu karang yang terbuka akibat berkurangnya tutupan karang hidup selanjutnya akan ditumbuhi oleh makroalgae dan karang lunak seperti yang terjadi di zona luar kawasan Taman Nasional Karimunjawa (Kennedy *et al.*, 2020).

Sebaran penyusun karang keras hasil pengamatan metode skala luas, *Manta Tow* juga menunjukkan ciri variasi pola spasial karang keras di Karimunjawa. Karang *branching* (bercabang), *foliose* (lembaran), *massive* (padat) dan *tabulate* (*Acropora* berbentuk meja) hampir ditemukan di semua zona pengelolaan baik di dalam maupun di luar kawasan Taman Nasional Karimunjawa. Pola spasial *lifeform* karang ini juga memperlihatkan bahwa perbedaan antara zona di dalam dan luar kawasan, yaitu pola spasial di dalam kawasan lebih bervariasi daripada di luar kawasan. Berkurangnya tutupan karang hidup akan diikuti oleh penurunan komposisi jenis dan hanya jenis karang tertentu yang mampu bertahan, seperti karang masif (Kennedy *et al.*, 2020). Karang

Porites masif merupakan jenis karang banyak ditemukan di perairan Karimunjawa, sebagaimana kajian sebelumnya (Suliswati *et al.*, 2014; Nababan *et al.*, 2011) sedangkan karang *Acropora tabulate* banyak ditemukan di dalam kawasan konservasi Taman Nasional Karimunjawa. Variasi pola spasial *lifeform* karang hasil pengamatan metode *Manta Tow* sama dengan hasil analisis keragaman jenis karang hasil analisis metode penilaian rinci UPT, hal ini sesuai dengan kajian Arafat *et al.* (2020) di Kepulauan Anambas. Hasil studi ini mengindikasikan bahwa penerapan metode skala luas *Manta Tow* tidak hanya menyediakan informasi tentang pola spasial kondisi terumbu karang, akan tetapi juga memberikan informasi pola spasial komposisi *lifeform* karang yang dapat dimanfaatkan untuk pemantauan berkala kondisi terumbu karang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Terdapat perbedaan pola spasial kondisi terumbu karang antar zona pengelolaan Taman Nasional Karimunjawa. Kondisi terumbu karang di dalam kawasan lebih baik daripada di luar kawasan dan zona pengelolaan dalam kawasan memiliki keragaman jenis karang lebih tinggi daripada di luar kawasan. Pola spasial kondisi terumbu karang dapat digunakan sebagai indikator gangguan ekosistem terumbu karang di suatu kawasan dan dapat dimanfaatkan sebagai metode analisis data pemantauan terumbu karang secara berkala di kawasan konservasi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Artikel ini adalah bagian dari proyek penelitian *Inventarisasi Kerusakan Ekosistem Pesisir Laut Karimunjawa* yang dibiayai oleh Direktorat Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Pesisir dan Laut, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI Tahun 2018. Terimakasih disampaikan kepada Hadi Alkharis dan *Marine Diving Club* (MDC) Departemen Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro yang telah membantu selama survei lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibrata, S. (2013). Evaluasi Kondisi Terumbu Karang di Pulau Ketawai Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 6(1), 19-28.
- Arafat, D., Affandy, A., Subhan, B., Rikardi, N., Madduppa, H., Putra, E. R., & Hashri, M. S. (2020). Assessing coral reefs

- condition for rehabilitation site selection using diver-towed survey in an island of Anambas Islands. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 429, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.
- Bahri, S., Rudi, E., & Dewiyanti, I. (2015). Kondisi terumbu karang dan makro invertebrata di Perairan Ujong Pancu, Kecamatan Peukan Bada, Aceh Besar. *DEPIK Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*, 4(1), 1-7
- Campbell, J.B. (2003). *Studi Perikanan Muro-Ami Kepulauan Karimunjawa*. Balai Taman Nasional Karimunjawa. Semarang.
- Campbell, S. J., & Pardede, S. T. (2006). Reef fish structure and cascading effects in response to artisanal fishing pressure. *Fisheries Research*, 79(1-2), 75-83.
- Campbell, S. J., Kartawijaya, T., Yulianto, I., Prasetia, R., & Clifton, J. (2013). Co-management approaches and incentives improve management effectiveness in the Karimunjawa National Park, Indonesia. *Marine policy*, 41, 72-79.
- English, S., Wilkinson, C., & Baker, V. (1997). *Survey Manual For Tropical Marine Resources* 2nd edition. Australian Institute of Marine Science. Townsville. 390 pp.
- Facon, M., M. Pinault, D. Obura, S. Pioch, K. Pothin, L. Bigot, R. Garnier, JP. Quod. (2016). A comparative study of the accuracy and effectiveness of line and point intercept transect methods for coral reef monitoring in the southwestern Indian Ocean islands. *Ecological Indicators*, 60, 1045-1055.
- Fauziah, S., Komala, R., & Hadi, T. A. (2018). Struktur komunitas karang keras (Bangsa Scleractinia) di pulau yang berada di dalam dan di luar kawasan Taman Nasional Kepulauan Seribu. *Bioma*, 14(1), 10-18.
- Giyanto, I. B., & Soedarma, D. (2010). Efisiensi dan akurasi pada proses analisis foto bawah air untuk menilai kondisi terumbu karang. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 36(1), 111-130.
- Giyanto. (2012a). Kajian tentang panjang transek dan jarak antar pemotretan pada penggunaan metode transek foto bawah air. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 38(1), 1-18.
- Giyanto. (2012b). Penilaian Kondisi Terumbu Karang Dengan Metode Transek Foto Bawah Air. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 38(3), 377-390.
- Hill, J., & Wilkinson, C. L. I. V. E. (2004). Methods for ecological monitoring of coral reefs. *Australian Institute of Marine Science, Townsville*, 117.
- Kennedy, E.V., J. Vercelloni, B.P. Neal, Ambariyanto, D.E.P. Bryant, A. Ganase, P. Gartrell, K.Brown, C.J.S. Kim, M. Hudatwi, A. Hadi, A. Prabowo, P. Prihatinningsih, S. Haryanta, K. Markey, S. Green, P. Dalton, S. Lopez-Marcano, A. Rodriguez-Ramirez, M. Gonzalez-Rivero, O. Hoegh-Guldberg. (2020). Coral Reef Community Changes in Karimunjawa National Park, Indonesia: Assessing the Efficacy of Management in the Face of Local and Global Stressors. *J. Mar. Sci. Eng*, 8(10), 760, 1-27.
- Kohler, K. E., & Gill, S. M. (2006). Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers & geosciences*, 32(9), 1259-1269.
- Malinda, C. F., Luthfi, O. M., & Hadi, T. A. (2020). Analisis Kondisi Kesehatan Terumbu Karang Dengan Menggunakan Software Cpce (Coral Point Count with Excel Extensions) Di Taman Nasional Komodo, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 13(2), 108-114.
- Munasik; H. Adri; ATP Wibowo; R. Kiswantoro; Y. Fajariyanto; H. Sofyanto. (2011). *Kondisi Terumbu Karang di Taman Nasional Perairan Laut Sawu Provinsi Nusa Tenggara Timur*. LPPM Universitas Diponegoro. Semarang.
- Nababan. M.G., Munasik, I. Yulianto, T. Kartawijaya, R. Prasetia, R.L. Ardiwijaya, S.T. Pardede, R. Sulisyati, Mulyadi, Y. Syaifudin. (2010). *Status Ekosistem di Taman Nasional Karimunjawa: 2010*. Wildlife Conservation Society-Indonesia Program. Bogor. Xi + 78 hlm.
- Saptarini, D., Mukhtasor, M., & Rumengan, I. F. (2017). Coral reef lifeform variation around power plant activity: Case study on coastal area of Paiton Power Plant, East Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 18(1), 116-120.
- Sulisyati, R., Prihatinningsih, P., & Mulyadi, M. (2019, February). Revisi Zonasi Taman Nasional Karimunjawa Sebagai Upaya Kompromi Pengelolaan Sumber Daya

- Alam. In *Seminar Nasional Geomatika* (Vol. 3, pp. 713-724).
- Sulisyati, R., E. Poedjirahajoe, L. Rahayu W.F., C. Fandeli. (2014). Karakteristik Terumbu Karang di Zona Pemanfaatan Wisata Taman Nasional Karimunjawa. *Ilmu Kelautan*, 19(3), 139–148.
- Tomascik T, Mah AJ, Nontji A, Moosa M.K. (1997). *The ecology of Indonesian Seas. Volume VIII, Part II*. Periplus Editions, Singapore, p 756
- Veron, J.E.N. (2000). *Corals of the World. Vol. I-III. Australian Institute of Marine Science and CRR Qld Pty Ltd.*, Queensland. 490pp.
- Wijayanto, A., Munasik., F.P. Farasara, Y.N. Fadlilah, A.N. Windiyana, S. Meiliana and D Haryanti. (2021). Coral Reef Coverage and Reef Fish Abundance in Menyawakan Island, Karimunjawa. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 750 012057.
- Yuliana, E., Boer, M., Fahrudin, A., Kamal, M. M., & Pardede, S. T. (2019). Using ecosystem approach indicators for assessing the ecological status of reef fisheries management in a marine protected area. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(7), 1802-1810.
- Yusuf, M. (2013). Kondisi terumbu karang dan potensi ikan di perairan Taman nasional Karimunjawa, Kabupaten Jepara. *Buletin Oseanografi Marina*, 2(2), 54-60.