

Konektivitas Mangrove dan Terumbu Karang Berdasarkan Komunitas Ikan Karang (Studi Kasus: Kepulauan Mentawai dan Belitung)

Clara Azalia Belinda^{1*}, Rudhi Pribadi¹, Yaya Ihya Ulumuddin²

¹Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia

²Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Pasir Putih 1 Ancol Timur, Jakarta Utara 14430 Indonesia
Corresponding author, e-mail: cazaliabel@gmail.com

ABSTRAK: Mangrove, terumbu karang, dan padang lamun merupakan ekosistem yang saling berkaitan satu sama lain dan memiliki peran penting bagi komunitas biota di laut sebagai habitat yang menyediakan area pemijahan (*spawning ground*), area asuhan (*nursery ground*), dan tempat mencari makan (*feeding ground*). Beberapa jenis ikan karang hanya hidup pada satu habitat saja, namun beberapa jenis ikan karang yang lain dapat berpindah habitat semasa hidupnya, dari satu area ekosistem ke area yang lain, yang disebut dengan migrasi ontogenetik. Adanya aktivitas migrasi tersebut, menyebabkan terjadinya interaksi antara komunitas ikan karang dengan ekosistem pesisir di sekitarnya. Banyak penelitian telah dilakukan berkaitan dengan interaksi ini, ditinjau dari perpindahan nutrisi antar ekosistem dan trofik level komunitas ikan karang, namun belum banyak penelitian yang dilakukan dengan menggunakan pendekatan bentang laut (*seascape*) dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Analisis interaksi antara ekosistem mangrove dan terumbu karang penting dilakukan karena hal tersebut memiliki pengaruh terhadap persebaran ikan dan proses ekologi yang terjadi di dalamnya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk dapat hubungan ekosistem mangrove dan terumbu karang berdasarkan komunitas ikan karang di dalamnya. Data komunitas ikan karang didapatkan dari Laporan *Reef Health Monitoring* (RHM) LIPI pada tahun 2018. Pembuatan peta struktur bentang laut dilakukan dengan menggabungkan Peta Mangrove Indonesia dengan Peta Terumbu Karang menggunakan *software* QGIS 3.16. Setelahnya, dilakukan ekstraksi *seascape metrics*, eksplorasi data metrik, uji korelasi dan regresi linier menggunakan *software* R Studio. Analisis regresi menghasilkan metrik ikan dan *seascape metrics* pada kandidat model. Hasil diperoleh konektivitas tertinggi di Kepulauan Mentawai adalah pada *class area* karang terhadap kelimpahan Siganidae dengan nilai persamaan regresi $y=4,76-2,86$ dan nilai korelasi $R = -0,95$ serta nilai koefisien determinan $R^2 = 0,9$. Sedangkan di Perairan Belitung, konektivitas tertinggi adalah pada *edge density* mangrove terhadap kelimpahan Chaetodontidae dengan persamaan regresi $y=3,23-0,14x$ dan nilai korelasi $R = -0,84$ serta nilai koefisien determinan $R^2 = 0,71$. Dari hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa ekosistem mangrove dan terumbu karang memengaruhi kelimpahan ikan karang di kedua lokasi ini.

Kata kunci: Bentang Laut; Ekosistem Pesisir; Ikan Karang; Migrasi Ontogenetik; Regresi Linier

Connectivity of Mangroves and Coral Reefs Based on Reef Fish Communities (Study Case: Mentawai and Belitung)

ABSTRACT: Mangroves, coral reefs, and seagrass beds are ecosystems that interconnected to one another, and each of those ecosystems has crucial function as spawning grounds, nursery grounds, and feeding grounds for many marine biotas, including reef fish community. Some reef fish live only in one habitat for their lives, and some live by moving from one ecosystem to another during their lifetime. The movement of reef fish during the stage of their life is called ontogenetic migration. This ontogenetic activity can create interaction between the coral reef fish to the ecosystems around them. Many studies have shown the biological interaction of reef fish on

trophic level of the fish. However, there are still little number of studies that use the seascape approach to examine the connectivity between reef fish to the surrounding ecosystems. Interaction analysis between mangrove ecosystem and coral reef have impact to coral reef fish diversity and to its ecology activities. Therefore, this study aims to analyse the interaction of the reef fish community to the mangrove and coral reef ecosystem, and analyse the connectivity value between these two variables, located in Mentawai and Belitung. The reef fish data was obtained from Reef Health Monitoring Report by LIPI in 2018. Seascape structure mapping was analysed by combining Peta Mangrove Indonesia and the benthic habitat map using QGIS 3.16 software. Statistic analysis was done by extracting the seascape metrics, data exploration, assessing the correlation and linear regression value using R Studio software. The regression analysis assembled the fish and seascape metrics on model candidate table. Result has shown that the highest connectivity value between mangroves and coral reef to coral reefs fish community in Mentawai is the coral reef's class area to the abundance of Siganidae ($y=4,76-2,86x$; $R = -0,95$ and $R^2 = 0,9$). Meanwhile, the highest connectivity value in Belitung is between mangrove's edge density to the abundance of Chaetodontidae ($y=3,23-0,14x$; $R = -0,84$ and $R^2 = 0,71$). From this study, it can be summarized that the mangrove ecosystem and coral reef affect the coral reef fish abundance.

Keywords: Coastal Ecosystem, Linear Regression, Ontogenetic Migration, Reef Fish, Seascape

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang memiliki banyak fungsi dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang ekologi. Ekosistem yang ada di wilayah pesisir, yaitu hutan mangrove, padang lamun, dan terumbu karang, dijumpai di wilayah perairan dangkal dan ketiganya saling terhubung, serta merupakan habitat bagi banyak hewan, termasuk ikan. Salah satu fungsi ekologis dari ekosistem mangrove adalah potensinya sebagai tempat mencari makan (*feeding ground*), area pemijahan (*spawning ground*), dan area asuhan (*nursery grounds*) bagi juvenil ikan karena tingkat produktivitas primer dan sekundernya yang tinggi, sehingga di dalamnya terdapat kelimpahan nutrisi, serta memiliki tingkat predasi yang rendah (Nagelkerken, 2009).

Hutan mangrove merupakan ekosistem yang kompleks dengan berbagai macam komunitas makhluk hidup di dalamnya, sehingga menyebabkan area mangrove kaya akan sumber daya perairan dengan salah satu komponennya adalah fauna ikan. Salah satu peran fungsional hutan mangrove adalah sebagai tempat berlindung bagi ikan pada berbagai tahapan dalam stadia kehidupannya (larva, *juvenile*, dan dewasa) dan seiring dengan perkembangan dalam fase hidupnya, ikan akan mengalami perpindahan habitat yang disebut dengan migrasi ontogenetik (Findra *et al.*, 2017). Ikan menjadi salah satu biota pesisir yang membutuhkan ekosistem mangrove, terumbu karang dan lamun semasa hidupnya. Hal ini dikarenakan ketiga ekosistem tersebut memiliki pengaruh terhadap persebaran ikan dan proses ekologi yang terjadi di dalamnya (Swadling *et al.*, 2019). Hal tersebut juga berlaku pada ikan yang ditemukan di area terumbu karang, yang disebut sebagai ikan karang (Rondonuwu *et al.*, 2019). Semasa hidupnya, ikan karang yang terdiri dari tiga kelompok (koralivora, herbivora dan karnivora) memiliki keterikatan dengan ekosistem pesisir di sekitarnya. Ketiga kelompok ikan karang ini memiliki mobilitas masing-masing di sekitar area terumbu karang berdasarkan pada kemampuan jelajah dari masing-masing ikan (*homerange*). Terumbu karang dianggap memiliki variasi ikan yang beragam, sehingga ekosistem terumbu karang dipilih sebagai area dalam pengamatan ikan karang. Beberapa ikan karang semasa hidupnya melakukan migrasi ontogenetik dari hutan mangrove, lamun, dan terumbu karang (Mumby, 2006).

Migrasi telur, larva, dan stadia awal juvenil ikan pada umumnya akan dipengaruhi oleh kondisi perairan, terutama pola arus (Green *et al.*, 2015). Keberhasilan migrasi larva ikan juga dipengaruhi oleh kemampuan induk dalam memilih lokasi pemijahan yang tepat dan memanfaatkan pola arus untuk dapat mencapai tempat asuhan (*nursery grounds*) dengan selamat

(Husni *et al.*, 2008). Kemampuan larva ikan dalam mencapai habitat asuhan akan mempengaruhi tingkat kelulushidupan ikan tersebut. Tingkat kelulushidupan ikan akan memengaruhi keanekaragaman hayati pada suatu perairan. Selain itu, hubungan antara ikan karang dengan ekosistem mangrove dan terumbu karang juga dipengaruhi oleh kondisi kedua ekosistem tersebut. Ekosistem mangrove dan terumbu karang yang mengalami degradasi memengaruhi penurunan kelimpahan ikan di suatu wilayah (Welly *et al.*, 2020). Kondisi dan kelimpahan ikan karang dapat menjadi salah satu bioindikator dalam pengelolaan Kawasan Konservasi Perairan (KKP).

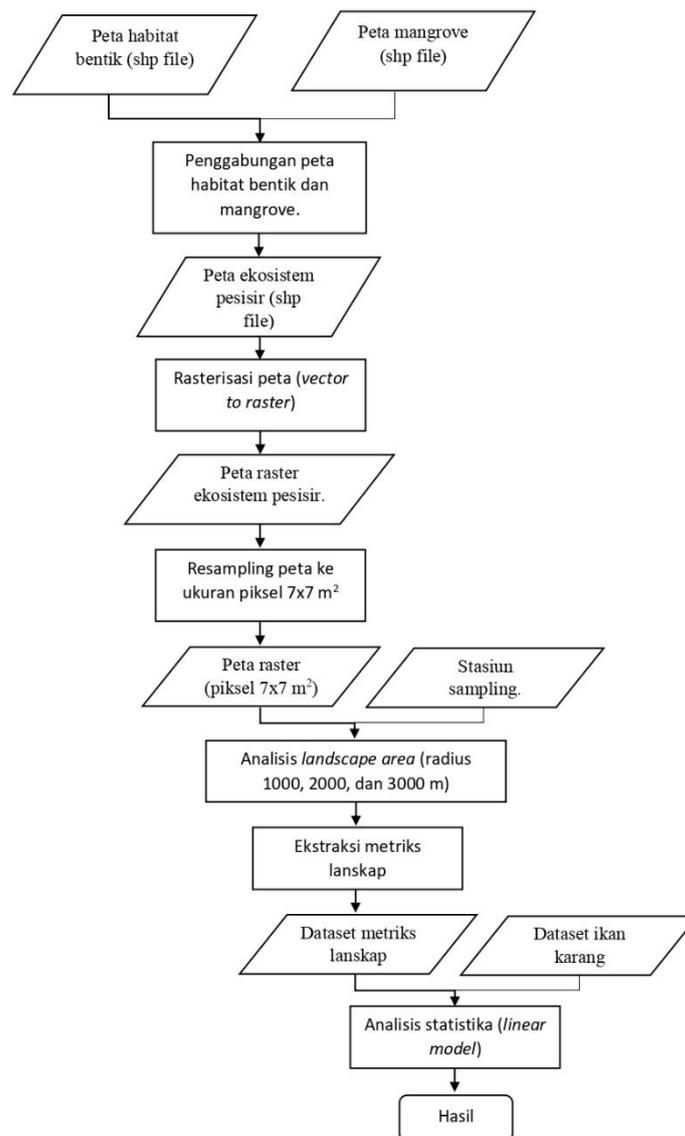
Perpindahan ontogenetik pada ikan karang terjadi ketika *juvenile* ikan akan hidup di habitat asuhan (*nursery habitats*), yaitu hutan mangrove dan padang lamun, kemudian saat dewasa, ikan akan bermigrasi ke terumbu karang (de la Morinière *et al.*, 2003). Pergerakan ikan karang dan hubungan antara habitat terumbu karang dengan hutan mangrove dapat dianalisis melalui pendekatan bentang laut (*seascape*). Ekologi bentang laut (*seascape*) merupakan bagian dari ilmu ekologi yang diangkat dari konsep analisis dalam ekologi lanskap (Wedding *et al.*, 2011), dimana penelitian terkait dengan pendekatan ini masih minim diketahui (Siry, 2013). Menurut Pittman (2018), seascape didefinisikan sebagai sebuah konsep heterogenitas spasial dasar laut yang dapat tersusun dalam gambaran dua atau tiga dimensi. Pendekatan ini dapat digunakan untuk mengukur hubungan antara habitat terumbu karang dengan habitat di hutan mangrove berdasarkan komunitas ikan karang (McMahon *et al.*, 2012).

MATERI DAN METODE

Materi utama dalam penelitian ini adalah peta habitat bentik, peta mangrove Indonesia dan data komunitas ikan karang di Taman Wisata Perairan Taman Wisata Perairan Kabupaten Kepulauan Mentawai dan Perairan Belitung. Alur penelitian ini disajikan dalam diagram alir Gambar 1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Metode tersebut dipilih dikarenakan penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memberikan penjelasan secara deskriptif mengenai konektivitas antara habitat terumbu karang dengan ekosistem

Tabel 1. Materi Penelitian

No.	Nama Data	Asal dan Keterangan Data
Data Sekunder		
1.	Peta Habitat Bantik	<ul style="list-style-type: none"> Diperoleh dari pengolahan data citra Sentinel tahun 2016. Dapat diakses melalui pusat data oseanografi LIPI.
2.	Peta Mangrove Indonesia (Kepulauan Bangka Belitung dan Sumatera Utara)	<ul style="list-style-type: none"> Peta Mangrove Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dibuat oleh BIG (Badan Informasi Geospasial) menggunakan citra satelit SPOT, Landsat 7, dan Landsat 8 tahun 2013. Peta Mangrove Provinsi Sumatera Barat dibuat oleh BIG (Badan Informasi Geospasial) menggunakan citra satelit SPOT, Landsat 7 dan Landsat 8 Tahun 2013.
3.	Data Komunitas Ikan Karang	<ul style="list-style-type: none"> Laporan RHM (<i>Reef Health Monitoring</i>) TWP Selat Bunga Laut Kabupaten Kepulauan Mentawai dan Perairan Belitung oleh LIPI Tahun 2018. Berisi informasi data kelimpahan, biomassa, jumlah individu, dan jumlah jenis ikan karang.
Data Primer		
4.	Peta Ekosistem Pesisir	<ul style="list-style-type: none"> Hasil olah data Peta Habitat Bantik dan Peta Mangrove Indonesia Menggunakan <i>Software</i> QGIS 3.14 dalam format SHP (<i>Shapefile</i>)



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

mangrove berdasarkan komunitas ikan karang di dalamnya, dengan cara melakukan analisis statistik korelasi dan regresi linier. Penelitian ini dalam pelaksanaannya dilengkapi dengan metode studi kasus, yaitu metode yang menyusun teori dengan menghubungkan variabel-variabel tertentu sesuai pada kondisi lokasi penelitian (Fitrah dan Luthfiah, 2017). Metode studi kasus digunakan untuk menentukan lokasi yang dipilih sehingga dapat merepresentasikan suatu wilayah tertentu, dalam hal ini adalah TWP Selat Bunga Laut Kepulauan Mentawai dan Perairan Belitung yang diasumsikan dapat mewakili keadaan perairan di Indonesia bagian barat.

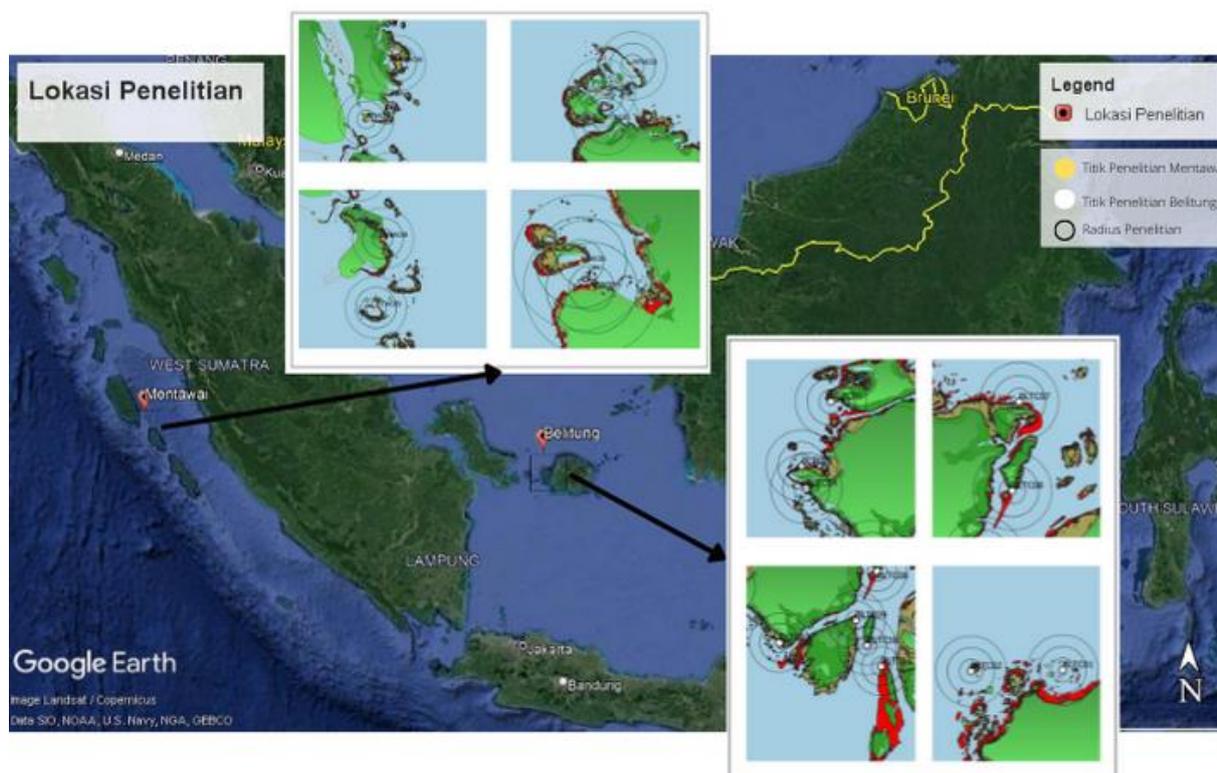
Selain itu metode survey juga dilakukan dalam pencatatan jenis ikan karang di Taman Wisata Perairan (TWP) Selat Bunga Laut Kepulauan Mentawai dan di Perairan Kabupaten Belitung pada tahun 2018 dalam laporan *Reef Health Monitoring* (RHM) yang dipublikasikan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Metode survey dipilih karena penelitian ini bertujuan untuk mengambil sebagian data komunitas ikan karang di TWP Selat Bunga Laut Kepulauan Mentawai dan di perairan Belitung, sehingga dapat diasumsikan bahwa data ikan karang tersebut mewakili seluruh populasi ikan karang di TWP Selat Bunga Laut Kepulauan Mentawai dan Perairan Belitung.

Lokasi penelitian di Taman Wisata Perairan Selat Bunga Laut Kepulauan Mentawai terbagi menjadi di dua Kecamatan, yaitu Kecamatan Sipora Utara dan Siberut Barat Daya. Titik stasiun yang berada di Kecamatan Sipora Utara adalah MTWC02, MTWC03, MTWC04R, MTWC05, dan MTWC10R. Sedangkan titik stasiun MTWC06, MTWC07, MTWC08, dan MTWC09 berada di Kecamatan Siberut Barat Daya. Sedangkan lokasi penelitian di perairan Belitung terbagi menjadi 11 stasiun penelitian, yaitu BLTC01 – BLTC11.

Kompleksitas dan luas wilayah habitat mempengaruhi hubungan terhadap komunitas ikan karang di dalamnya. Dalam penelitian ini, dilakukan juga pengukuran terhadap luas area ekosistem mangrove dan terumbu karang di ketiga radius yang dipilih (1000m, 2000m, dan 3000m) tersebut. Luasan area ini diketahui melalui analisis menggunakan R Studio dengan mengekstrak raster peta lokasi beserta titik stasiun pengamatan, yang kemudian didapatkan data metrik area dalam bentuk .csv yang memuat informasi *class area* dalam satuan hektar (ha). *Class area* ini merupakan nilai total luas tiap habitat di tiap radius (Mcgarigal, 2015).

Data yang diambil dan digunakan sebagai objek dalam penelitian ini adalah data ikan karang yang didapatkan dari data Laporan RHM di kedua lokasi yang dilakukan oleh LIPI pada tahun 2018. Data ikan karang yang diambil oleh LIPI di lokasi TWP Kepulauan Mentawai dan Perairan Belitung disajikan dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

Selain itu, data yang digunakan dalam proses analisis adalah data peta habitat bentik terumbu karang dan data peta hutan mangrove. Pengolahan dan analisis data ikan karang dilakukan menggunakan *software* Microsoft Excel, analisis pemetaan dilakukan menggunakan *software* QGIS versi 3.16, analisis statistik untuk menentukan korelasi antara komunitas ikan karang dengan ekosistem mangrove dan habitat bentik terumbu karang dilakukan menggunakan *software* R Studio. Analisis korelasi dilakukan dengan menilai hubungan metrik data ikan karang dengan metrik bentang alam (*seascape*), dimana *seascape metrics* yang dipilih adalah pada tingkat *class metric* dan *landscape metric*. Kedua tingkat metrik ini dipilih karena dalam penelitian



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Tabel 2. Data Ikan Karang di Lokasi Stasiun Penelitian TWP Kepulauan Mentawai

No.	Jenis Ikan Karang	Kelimpahan Ikan di Stasiun Penelitian (ind/ha)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Acanthuridae	1800	2086	886	1971	1657	971	1057	1571	829	
2	Scaridae	1486	1000	571	943	857	714	571	886	1629	
3	Siganidae	114	57	29	114	0	0	0	57	657	
4	Haemulidae	0	29	171	0	0	0	0	29	29	
5	Lethrinidae	86	457	29	0	0	29	0	143	171	
6	Lutjanidae	57	400	57	57	114	143	171	57	171	
7	Serranidae	29	171	114	29	286	57	57	400	400	
8	Chaetodontidae	629	743	829	1314	171	1657	343	400	629	

Tabel 3. Data Ikan Karang di Lokasi Stasiun Penelitian Perairan Belitung

No.	Jenis Ikan Karang	Kelimpahan Ikan di Stasiun Penelitian (ind/ha)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Scaridae	22	0	4	3	9	14	30	7	14	13	5	
2	Siganidae	2	12	9	0	4	4	0	0	2	10	11	
3	Haemulidae	29	0	29	29	0	29	114	57	86	86	29	
4	Lutjanidae	429	143	143	971	143	171	286	743	486	86	314	
5	Serranidae	457	286	143	114	86	29	286	171	86	57	57	
6	Chaetodontidae	1629	2029	571	486	686	886	943	914	571	343	657	

ini meliputi lebih dari satu ekosistem, yaitu ekosistem terumbu karang dan hutan mangrove. *Class metric* digunakan untuk analisis pada kategori tiap ekosistem yang berdiri sendiri, sedangkan *landscape metric* meliputi kategori analisis dari kedua ekosistem yang menjadi satu kesatuan lanskap (McGarigal, 2015). Definisi lebih lanjut disajikan dalam Tabel 4.

Analisis diawali dengan menyusun dataset ikan dan metrik *seascape* yang kemudian diolah menggunakan *software* R Studio. Beberapa parameter dalam dataset ditransformasikan menggunakan *logarithmic* (LOG) dan *square root* (SQRT) yang bertujuan untuk mendapatkan varian interpretasi data yang lebih sederhana dan dapat dianalisis. Dataset yang telah diolah kemudian akan menampilkan tabel korelasi yang memuat nilai koefisien. Nilai koefisien korelasi antar dua variabel dari kedua dataset dengan nilai $\geq 0,5$ dipilih untuk kemudian dilakukan uji regresi linier. Nilai korelasi menunjukkan hubungan antara variabel independen dengan variabel dependennya, dengan varian nilai berkisar 0-1 dan dapat bernilai positif maupun negatif. Nilai yang semakin mendekati angka 1 menandakan korelasi antar kedua variabel (Swadling *et al.*, 2019). Koefisien korelasi dengan nilai $\geq 0,5$ diketahui sudah cukup untuk kemudian menghasilkan model regresi yang baik ketika dilakukan uji regresi. Hasil dari uji regresi linier adalah berupa persamaan regresi dan nilai R^2 . Nilai $R^2 \geq 0,5$ dan memiliki signifikansi tinggi akan dipilih menjadi hasil analisis. Nilai R^2 menunjukkan pengaruh dari variabel independen terhadap variabel dependennya, dimana nilai R^2 yang mendekati nilai 1 berarti bahwa variabel independen berpengaruh semakin besar terhadap variabel dependen. Selain itu, dalam analisis ini ditambahkan pula nilai *Akaike Information Criterion* (AIC) yang tersedia pada uji regresi linier. Nilai ini memiliki fungsi sama seperti nilai R^2 dan digunakan sebagai pembanding nilai R^2 dalam model regresi linier pada hasil analisis. Secara matematis, nilai model regresi yang terbaik memiliki nilai AIC terkecil.

Tabel 4. *Seascape metric* yang digunakan dalam analisis korelasi

No.	<i>Seascape Metrics</i>	Tingkat	Makna Ekologis
1.	<i>Class area</i> (ca)	<i>Class metric</i>	Total luas wilayah per kelas ekosistem
2.	<i>Edge density</i> (ed)	<i>Class metric</i>	Total luas area tepi kelas per hektar
3.	<i>Largest patch index</i> (lpi)	<i>Landscape metric</i> <i>Class metric</i> <i>Landscape metric</i>	Luas <i>patch</i> terbesar (dominan) yang ada pada suatu kelas ekosistem
4.	Shannon's <i>diversity index</i> (shdi)	<i>Landscape metric</i>	Indeks keanekaragaman shannon
5.	Jarak ke Mangrove (DistM)	<i>Landscape metric</i>	Jarak dari tiap stasiun penelitian ke area mangrove

(Sumber: Mcgarigal, 2015)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Melakukan uji korelasi untuk mengetahui hubungan antara struktur *seascape* dengan komunitas ikan karang yang ada di dalamnya merupakan salah satu penelitian yang belum banyak dilakukan di Indonesia. Hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove tidak selalu memiliki hubungan yang signifikan dengan ekosistem terumbu karang, ditinjau dari komposisi ikan karang di kedua lokasi penelitian. Setelah melalui proses analisis struktur bentang laut (*seascape*) menggunakan QGIS dan analisis korelasi antara kedua ekosistem dengan komunitas ikan karang, didapati bahwa tidak dijumpai bukti yang mengindikasikan adanya korelasi antara kompleksitas ekosistem bentik yang ada di pesisir dengan ikan karang. Namun, karakteristik tiap ekosistem berhubungan dengan kelimpahan ikan karang di sekitarnya. Karakteristik ekosistem diketahui melalui pendekatan *seascape metrics* pada tingkat *class* dan *landscape*.

Kedua lokasi penelitian memiliki komposisi ekosistem bentik yang terdiri dari terumbu karang, lamun, pasir, campuran, dan hutan mangrove. Namun, dalam penelitian ini hanya dilakukan analisis untuk hubungan antara ekosistem terumbu karang dengan mangrove. Meskipun begitu, tidak semua stasiun dijumpai ekosistem hutan mangrove. Sementara itu, luas ekosistem terumbu karang bervariasi di setiap stasiun dan radius penelitian di kedua lokasi. Informasi luas kedua ekosistem dalam tiga radius penelitian di Taman Wisata Perairan Kepulauan Mentawai disajikan dalam Tabel 5. Sementara, informasi luas ekosistem mangrove dan terumbu karang dalam tiga radius penelitian di Perairan Belitung disajikan dalam Tabel 6.

Ekosistem terumbu karang dijumpai di setiap stasiun pengamatan di ketiga radius. Secara keseluruhan, luas ekosistem terumbu karang di setiap lokasi selalu bertambah seiring dengan bertambah luasnya radius pengamatan. Luas ekosistem mangrove di lokasi pengamatan perairan Belitung secara keseluruhan lebih besar dibandingkan dengan luas ekosistem mangrove yang ada di lokasi pengamatan Kepulauan Mentawai. Hal ini selaras dengan yang ditunjukkan pada kandidat model hasil, bahwa di lokasi perairan Belitung, kandidat model terbaik didapatkan di dalam metrik ekosistem mangrove, yang memiliki nilai $R^2 > 0,5$.

Perbedaan struktur bentang laut kedua lokasi penelitian dapat dikarenakan faktor letak geografis kedua pulau. Kepulauan Mentawai merupakan pulau yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia. Sedangkan Belitung berada di dalam perairan Indonesia, sehingga kedua lokasi tersebut memiliki kondisi geografis yang berbeda. Perbedaan kondisi geografis ini diyakini memengaruhi struktur bentang laut (*seascape*) yang terbentuk dan konektivitas yang terjadi antara ikan karang dengan ekosistem mangrove dan terumbu karang (Amalia *et al.*, 2017). Kandidat model dari hasil analisis korelasi di lokasi penelitian Mentawai disajikan dalam Tabel 7.

Pada hasil bentang laut di Kepulauan Mentawai diketahui bahwa luasan ekosistem terumbu karang di lokasi penelitian ini menjadi komposisi yang paling dominan daripada ekosistem mangrove. Sehingga, dalam melakukan analisis untuk mendapatkan tabel kandidat model di lokasi ini, metrik yang dijumpai di ekosistem terumbu karang memiliki model terbaik untuk dilakukan analisis regresi linier. Ekosistem mangrove yang tidak tersedia di tiga stasiun penelitian serta kecilnya area ekosistem mangrove pada lokasi ini memengaruhi nilai metrik yang didapatkan dalam proses analisis. Jarangnya ekosistem mangrove diakibatkan oleh tingkat antropogenik yang tinggi di Kepulauan Mentawai, seperti yang dikemukakan oleh Rizal *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa terjadi regenerasi yang lambat pada tingkat *seedling* mangrove dan adanya pemanfaatan mangrove dengan cara melakukan penebangan pohon oleh masyarakat sekitar.

Kandidat model yang disajikan pada Tabel 7 menunjukkan bahwa model terbaik berada pada hubungan antara kelimpahan ikan Siganidae dengan ekosistem terumbu karang pada metrik *class area* dalam radius 1000 meter. Sementara itu, di dua radius selanjutnya, tidak lagi dijumpai hubungan signifikan ($R^2 > 0,5$) antara kedua variabel ini. *Class area metric* merupakan luas suatu ekosistem dalam radius tertentu. Di lokasi penelitian Mentawai, luas ekosistem terumbu karang semakin bertambah seiring dengan meluasnya radius. Sedangkan, dari hasil kandidat model yang tersedia, hubungan signifikan dengan kelimpahan Siganidae hanya dijumpai pada radius terkecil (1000 meter). Hubungan kedua variabel ini adalah berbanding terbalik, yang dapat diartikan bahwa semakin besar nilai *class area metric*, maka semakin sedikit kelimpahan Siganidae di dalamnya.

Tabel 5. Luas Ekosistem Mangrove dan Terumbu Karang di TWP Kepulauan Mentawai

Nama Stasiun	Luas Ekosistem Mangrove (ha)			Luas Habitat Terumbu Karang (ha)		
	1000 m	2000 m	3000 m	1000 m	2000 m	3000 m
MTWC02	2,90	125,45	255,51	9,03	48,05	99,68
MTWC03	1,24	26,89	47,85	11,26	23,24	55,23
MTWC04R	0	0	0	18,16	47,30	139,20
MTWC05	0	0	0	12,73	72,96	141,37
MTWC06	0	148,21	376,74	47,66	115,21	149,13
MTWC07	9,68	15,87	91,56	26,39	42,83	103,48
MTWC08	38,70	47,67	47,67	49,41	92,77	110,90
MTWC09	0	0	0	10,85	43,27	61,00
MTWC10R	37,67	125,74	192,41	4,07	38,94	78,88

Tabel 6. Luas Ekosistem Mangrove dan Terumbu Karang di Perairan Belitung

Nama Stasiun	Luas Ekosistem Mangrove (ha)			Luas Habitat Karang (ha)		
	1000 m	2000 m	3000 m	1000 m	2000 m	3000 m
BLTC01	0	0	0	16,20	42,37	407,26
BLTC02	0	0	0	20,06	39,31	92,73
BLTC03	31,62	189,91	359,46	32,75	96,42	308,75
BLTC04	63,41	139,29	183,51	36,19	117,79	190,94
BLTC05	0	56,69	132,47	43,03	119,12	211,12
BLTC06	5,95	63,19	185,47	39,14	162,69	417,13
BLTC07	4,70	91,42	224,40	46,87	150,86	336,58
BLTC08	41,41	126,00	535,85	63,59	152,68	231,22
BLTC09	39,44	335,01	693,46	29,32	78,23	165,30
BLTC10	26,38	179,10	481,77	19,66	60,96	133,33
BLTC11	8,48	54,64	232,47	89,38	186,86	343,10

Tabel 7. Kandidat Model TWP Kepulauan Mentawai Radius 1000 – 3000 meter

No	Y (Metriks Ikan)	X (Seascape Metrics)	Persamaan Regresi	R2	AIC	Keterangan
<i>Mangrove 1000 m</i>						
-	-	-	-	-	-	-
<i>Mangrove 2000 m</i>						
-	-	-	-	-	-	-
<i>Mangrove 3000 m</i>						
-	-	-	-	-	-	-
<i>Terumbu Karang 1000 m</i>						
1	Kelimpahan Siganidae	Class Area	$y = 4,67 - 2,86x$	0,9	10,1	y (LOG) ~ x (LOG); hubungan negatif.
2	Kelimpahan Scaridae	Class Area	$y = 46,18 - 13,03x$	0,63	53,04	y (SQRT) ~ x (LOG) ; hubungan negatif.
3	Jumlah Jenis	Class Area	$y = 7,77 - 2,24x$	0,68	19,18	y (SQRT) ~ x (LOG) ; hubungan negatif.
<i>Terumbu Karang 2000 m</i>						
4	Kelimpahan Scaridae	Edge Density	$y = 45,59 - 0,13x$	0,66	52,22	y (SQRT) ~ x ; hubungan negatif.
5	Kelimpahan Scaridae	Largest Patch Index	$y = 37,28 - 0,70x$	0,53	55,23	y (SQRT) ~ x ; hubungan negatif.
6	Kelimpahan Lethrinidae	Class Area	$y = 9,34 - 4,67x$	0,86	13,34	y (LOG) ~ x (LOG) ; hubungan negatif.
<i>Terumbu Karang 3000 m</i>						
7	Kelimpahan Scaridae	Largest Patch Index	$y = 45,21 - 6,03x$	0,53	55,09	y (SQRT) ~ x ; hubungan negatif.
8	Kelimpahan Lethrinidae	Class Area	$y = 6,28 - 0,49x$	0,66	21,56	y (LOG) ~ x (SQRT) ; hubungan negatif.
9	Jumlah Jenis	Class Area	$y = 9,03 - 0,39x$	0,52	22,98	y (SQRT) ~ x (SQRT) ; hubungan negatif.
10	Kelimpahan Herbivora	Largest Patch Index	$y = 4321 - 747x$	0,57	142,9 1	y ~ x (SQRT) ; hubungan negatif.
<i>Landscape Metric</i>						
-	-	-	-	-	-	-

Kelimpahan Siganidae memiliki hubungan tertinggi dengan luas area terumbu karang pada radius 1000 meter dikarenakan pada radius tersebut sudah ada komponen ekosistem terumbu karang di dalamnya dan ikan Siganidae lebih banyak dijumpai di sekitar area terumbu karang pada radius tersebut dibandingkan dalam radius yang lebih luas, karena dalam radius yang lebih besar, dapat diasumsikan bahwa area jelajahnyapun menjadi lebih luas dan ikan tersebut dapat berada jauh dari area terumbu karang. Hal ini juga ditunjukkan oleh nilai kelimpahan jumlah jenis dan ikan Scaridae yang berbanding terbalik dengan nilai *class area* terumbu karang. Ketiganya menunjukkan pola grafik yang sama, yaitu berbanding terbalik, dimana semakin luas area terumbu karang dalam titik tersebut, maka nilai kelimpahan jumlah jenis, ikan Siganidae dan Scaridae akan semakin kecil. Ikan Siganidae dan Scaridae merupakan suku/jenis ikan yang tergolong dalam kelompok ikan herbivora. Dalam penelitian yang pernah dilakukan terhadap konsumsi ikan di habitat pesisir, didapati bahwa ikan herbivora suku Scaridae pada umumnya memakan makroalga dan daun lamun (de la Morinière *et al.*, 2003). Ikan herbivora berperan sebagai pengontrol

pertumbuhan alga di ekosistem terumbu karang. Salah satu jenis ikan yang berperan dalam menjaga ekosistem karang adalah dari suku Siganidae (Suparno *et al.*, 2021).

Sama halnya dengan *class area*, semakin tinggi nilai *edge density*, maka semakin kecil nilai kelimpahan ikan Scaridae yang dijumpai. Hal ini menandakan bahwa semakin tinggi tingkat kerapatan terumbu karang yang berada di tepian ekosistem tersebut, maka mengakibatkan jumlah makroalga/tanaman laut di dalam ekosistem tersebut semakin rendah, sehingga ikan akan keluar dari area habitatnya untuk bermigrasi mencari makan. Karenanya, jumlah kelimpahan ikan di lokasi ditemukan lebih kecil dibandingkan dengan lokasi penelitian dengan tingkat kerapatan tepian terumbu karang yang lebih kecil/seikit. Seperti yang dituliskan oleh (Buckman *et al.*, 2015) dalam penelitian mengenai kebiasaan teritorial ikan Scaridae yang melakukan perpindahan habitat menuju ke luar area terumbu karang untuk mencari makan. Meskipun begitu, dari hasil yang didapatkan dalam kandidat model ini, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut berkaitan dengan kelimpahan ikan karang dengan kondisi ekosistem terumbu karang di setiap stasiun penelitiannya.

Hasil analisis korelasi dan regresi linier di Kepulauan Mentawai ini dapat diketahui bahwa nilai konektivitas tertinggi dijumpai pada metrik *class area* karang di radius 1000 m terhadap kelimpahan ikan Siganidae dengan nilai R^2 adalah 0,9. Nilai koefisien determinan ini cukup tinggi, mendekati 1,00 karena nilai pada tiap variabel di setiap titik lokasi pengamatan mendekati garis regresi. Namun, konektivitas keduanya hanya dijumpai pada radius 1000 m karena area jelajah (*home range*) dari ikan Siganidae sangat kecil, yaitu kurang dari 100 m² (Bellwood *et al.*, 2016). Kandidat model dari hasil analisis regresi linier di lokasi penelitian Perairan Belitung dalam radius 1000 – 3000 meter disajikan dalam Tabel 8.

Lokasi penelitian di Perairan Belitung ini dijumpai bahwa ekosistem mangrove memiliki pengaruh yang lebih signifikan terhadap ikan karang di ketiga radius pengamatan. Metrik kelas bentang laut yang telah dipilih dan ditentukan (*class area*, *edge density*, dan LPI) menunjukkan bahwa tidak didapati pengaruh metrik dari ekosistem terumbu karang di lokasi ini terhadap komunitas ikan karang di dalamnya.

Variabel ikan karang yang didapati memiliki hubungan dengan metrik kelas ekosistem mangrove di lokasi ini dijumpai pada ikan obligat karang/ikan indikator karang, dari suku/jenis Chaetodontidae. Ikan karang yang masuk dalam data RHM tahun 2018 meliputi ikan koralivor (Chaetodontidae), ikan herbivora (Scaridae dan Siganidae), dan ikan karnivora (Haemulidae, Lethrinidae, Lutjanidae dan Serranidae). Namun, hanya ikan koralivor yang memiliki nilai $R^2 > 0,5$ dalam analisis model regresi linier dengan metrik terumbu karang. Jenis ikan Chaetodontidae yang dijumpai di lokasi ini terbagi menjadi lima spesies, yaitu *Chaetodon baronessa*, *Chaetodon octofasciatus*, *Chelmon rostratus*, *Coradion chrysozonus*, dan *Parachaetodon ocellatus* (Laporan RHM Belitung, 2018). Spesies *C. octofasciatus* dan *C. rostratus* dijumpai di semua stasiun pengamatan. Ikan Chaetodontidae merupakan ikan yang ditetapkan sebagai bioindikator terumbu karang, yang dilihat berdasarkan pada pola kebiasaan makan ikan tersebut dan korelasinya dengan kesehatan / kondisi terumbu karang (Yusuf dan Ali, 2004). Sebuah penelitian yang dilakukan terhadap tingkah laku ikan Chaetodontidae menyatakan bahwa keberadaan ikan obligat karang ini dipengaruhi oleh kelimpahan karang dan kondisi ekosistem terumbu karang yang menjadi habitatnya (Ferdyan *et al.*, 2021), namun tidak dipengaruhi oleh luas area terumbu karang di lokasi tersebut, karena area terumbu karang yang luas tidak menjamin bahwa kondisi terumbu karang ada berada dalam keadaan yang baik/sehat. Dalam kaitannya dengan lokasi perairan Belitung, ekosistem terumbu karang di lokasi ini terancam rusak oleh karena aktivitas pertambangan yang ada di Pulau Belitung (Siringoringo dan Hadi, 2013). Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Akbar *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa Pulau Bangka Belitung dikelilingi oleh banyak area pertambangan *offshore*, sehingga ekosistem terumbu karang di sekitar pulau ini berstatus kritis.

Hasil kandidat model tersebut menunjukkan bahwa ekosistem mangrove yang ada di perairan Belitung berpengaruh terhadap ikan indikator karang. Namun, dapat diasumsikan bahwa hubungan antara ekosistem mangrove dengan ikan indikator karang (koralivor) tidak berpengaruh secara langsung terhadap keberadaan ikan ini, karena ikan Chaetodontidae merupakan ikan obligat terumbu karang, dimana hanya dijumpai di ekosistem terumbu karang dan tidak melakukan migrasi ontogenetik menuju ke ekosistem mangrove. Ikan Chaetodontidae semasa hidupnya hanya melakukan migrasi di sekitar ekosistem mangrove (Yusuf dan Ali, 2004). Hal ini dibuktikan

dengan regresi linier bernilai positif antara jarak titik stasiun ke ekosistem mangrove, dimana lokasi yang berdekatan dengan mangrove memiliki nilai kelimpahan ikan karang yang rendah, dan semakin jauh titik pengamatan dari ekosistem mangrove, maka kelimpahan ikan Chaetodontidae semakin tinggi.

Hasil tabel kandidat model terbaik regresi linier tersebut menunjukkan bahwa konektivitas tertinggi didapati pada pengaruh dari *edge density* mangrove terhadap kelimpahan ikan Chaetodontidae, dengan nilai R^2 adalah 0,71 dan grafik regresi yang menunjukkan pola berbanding terbalik. Sehingga, secara keseluruhan, semakin rapat tepian mangrove dalam lokasi tersebut, dengan jarak titik lokasi ke mangrove yang semakin dekat, maka kelimpahan ikan Chaetodontidae yang ditemukan di titik pengamatan akan semakin sedikit. Data kerapatan (*edge density class metric*) ekosistem mangrove pada setiap radius di lokasi Belitung disajikan dalam Tabel 9.

Sementara itu, hasil dari kandidat model terbaik pada analisis regresi linier yang telah disajikan dalam Tabel 7 dan 8 kemudian diperoleh grafik seperti ditunjukkan dalam Gambar 3. Lebih lanjut di jelaskan pada grafik regresi linier berikut yang menggambarkan konektivitas yang terjadi antara metrik ikan dengan *seascape metrics*. Gambar 3a merupakan grafik regresi linier model terbaik pada lokasi penelitian Kepulauan Mentawai, dimana grafik tersebut menunjukkan nilai hubungan negatif antara *class area* karang dengan kelimpahan ikan Siganidae, dimana secara keseluruhan, semakin tinggi nilai *class area*, semakin luas area karang, maka akan semakin rendah nilai kelimpahan ikan suku Siganidae yang dijumpai di titik lokasi tersebut.

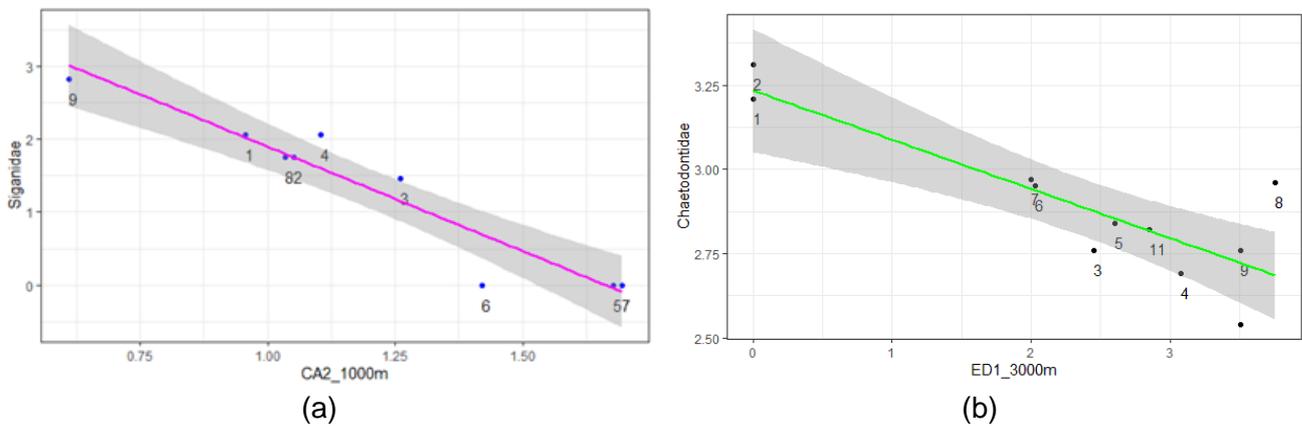
Gambar 3b merupakan grafik regresi linier model terbaik yang didapatkan di lokasi penelitian perairan Belitung. Hasil ini menunjukkan nilai yang berbanding terbalik, bahwa semakin tinggi nilai *edge density* mangrove, yaitu tingkat kerapatan tepian mangrove, maka semakin rendah jumlah kelimpahan ikan suku Chaetodontidae yang dijumpai pada titik pengamatan tersebut.

Tabel 8. Kandidat Model Perairan Belitung Radius 1000 – 3000 meter

No	Y (Metriks Ikan)	X (Seascape Metrics)	Persamaan Regresi	R2	AIC	Keterangan
<i>Mangrove 1000 m</i>						
1	Kelimpahan Chaetodontidae	Largest Patch Index	$y = 3,04 - 0,008x$	0,55	-5,77	y (LOG) ~ x ; hubungan negatif.
<i>Mangrove 2000 m</i>						
2	Kelimpahan Chaetodontidae	Edge Density	$y = 3,17 - 0,11x$	0,63	-8,03	y (LOG) ~ x (SQRT) ; hubungan negatif.
3	Kelimpahan Chaetodontidae	Largest Patch Index	$y = 3,17 - 0,014x$	0,6	-7,04	y (LOG) ~ x ; hubungan negatif.
<i>Mangrove 3000 m</i>						
4	Kelimpahan Chaetodontidae	Edge Density	$y = 3,23 - 0,14x$	0,71	-	y (LOG) ~ x (SQRT) ; hubungan negatif.
5	Kelimpahan Chaetodontidae	Largest Patch Index	$y = 3,24 - 0,31x$	0,68	-9,52	y (LOG) ~ x (LOG) ; hubungan negatif.
<i>Terumbu Karang 1000 m</i>						
-	-	-	-	-	-	-
<i>Terumbu Karang 2000 m</i>						
-	-	-	-	-	-	-
<i>Terumbu Karang 3000 m</i>						
-	-	-	-	-	-	-
<i>Landscape Metrics</i>						
7	Kelimpahan Chaetodontidae	Distance to Mangrove	$y = 1,97 + 0,31x$	0,64	-8,22	y (LOG) ~ x (LOG) ; hubungan positif.

Tabel 9. Nilai Kerapatan Mangrove (*edge density*) pada Lokasi Penelitian Belitung di Setiap Radius

No.	Kode Stasiun	Lokasi	Nilai Kerapatan Mangrove di Setiap Radius		
			1000 m	2000 m	3000 m
1	BLTC01	Belitung	0.00	0.00	0.00
2	BLTC02	Belitung	0.00	0.00	0.00
3	BLTC03	Belitung	8.60	8.57	5.99
4	BLTC04	Belitung	13.92	10.66	9.48
5	BLTC05	Belitung	0.00	9.26	6.76
6	BLTC06	Belitung	7.72	7.18	4.11
7	BLTC07	Belitung	0.00	0.54	4.01
8	BLTC08	Belitung	16.64	18.49	14.14
9	BLTC09	Belitung	7.52	11.98	12.35
10	BLTC10	Belitung	30.18	16.60	12.31
11	BLTC11	Belitung	0.25	4.12	8.10

**Gambar 3.** Grafik Regresi Linier dengan Model Terbaik pada Lokasi Perairan Kepulauan Mentawai dan Perairan Belitung

Beberapa hal yang memengaruhi nilai konektivitas pada grafik tersebut salah satunya adalah fase ikan pada saat pengamatan dilakukan. Beberapa famili ikan diketahui lebih senang untuk tinggal di habitat mangrove pada saat fase juvenile, dan ketika dewasa melakukan migrasi ke kawasan teurumbu karang (Kimirei *et al.*, 2011). Selain itu, faktor alam dan waktu pengamatan juga memengaruhi tingkat konektivitas, seperti iklim, cuaca, arus laut, bentuk topografi dasar laut, dan morfologi pantai (Amalia *et al.*, 2017).

KESIMPULAN

Hasil penelitian analisis struktur bentang laut (*seascape*) diperoleh bahwa Selat Bunga Laut Kepulauan Mentawai memiliki struktur bentang laut yang terdiri dari ekosistem mangrove, terumbu karang, pasir dan campuran. Sedangkan pada lokasi penelitian perairan Belitung didapati struktur bentang laut yang ada adalah ekosistem mangrove, terumbu karang, habitat campuran, dan padang lamun. Hasil analisis konektivitas ekosistem pesisir berdasarkan respon ikan karang di sekitarnya didapati bahwa di lokasi Kepulauan Mentawai, ekosistem karang (*class area metric*) memiliki pengaruh paling besar terhadap ikan karang herbivora jenis Sigandae. Sedangkan di lokasi Perairan Belitung, ekosistem mangrove (*edge density metric*) memiliki pengaruh paling besar terhadap ikan karang obligat/koralivora jenis Chaetodontidae. Sehingga dapat disimpulkan

bahwa ekosistem mangrove dan terumbu karang memiliki pengaruh yang berbeda terhadap komunitas ikan karang di lokasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, H., Syari, I.A., Suyatna, I., Putriningtias, A., Bahri, S., Destilawaty. & Putra, S.A. 2020. Condition of Coral Reefs in East Belitung, Bangka Belitung Islands, Indonesia. *AAFL Bioflux*, (13):64–70.
- Amalia, C., Moranta, J., Cardona, L., Thiriet, P., Pastor, J., Arroyo, N.L. & Cheminee, A. 2017. Seascape Attributes at Different Spatial Scales, Determine Settlement and Post-settlement of Juvenile Fish. *Estuarine, Coastal, and Shelf Science*, 18:120-129. DOI: 10.1016/j.ecss.2016.12.014
- Bellwood, D.R., Goatley, C.H.R., Khan, J.A. & Tebbett, S.B. 2016. Site Fidelity and Homing in Juvenile Rabbitfishes (*Siganidae*). *Coral Reefs*, 35:1151–1155. DOI: 10.1007/S00338-016-1466-4
- Buckman, N.S. & Ogden, J.C. 2015. Territorial Behavior of the Striped Parrotfish *Scarus Broicensis* Bloch (*Scaridae*). *Ecological Society of America Stable*, 54:1377-1382. DOI: 10.2307/1934202
- de la Morinière, E.C., Pollux, B.J.A., Nagelkerken, I., Hemminga, M.A., Huiskes, A.H.L. & van der Velde, G., 2003. Ontogenetic dietary changes of coral reef fishes in the mangrove-seagrass-reef continuum: stable isotopes and gut-content analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 246:279-289. DOI: 10.3354/Meps246279
- Ferdyan, R., Sumarmin, R., Razak, A. & Padang, U.N. 2021. Phylogenetic Analysis of Coral Fish Familia *Chaetodontidae* Based on Chytocrome Oxydase I (Coi) Markings in the Core Zone and Limited Use Zone of Taman Pulau Kecil, Padang City, West Sumatra, (3):13–24.
- Findra, M.N., Hasrun, L. & Adharani, N. 2017. Perpindahan Ontogenetik Habitat Ikan di Perairan Ekosistem Hutan Mangrove. *Media Konservasi*, (21):304–309. DOI: 10.29243/Medkon.21.3.304-309
- Fitrah, M. & Luthfiah. 2017. Metode Penelitian Kualitatif, Tindakan Kelas dan Studi Kasus. CV Jejak, Sukabumi, 234 Hlm.
- Green, A.L., Maypa, A.P., Almany, G.R., Rhodes, K.L., Weeks, R., Abesamis, R.A., Gleason, M.G., Mumby, P.J. & White, A.T. 2015. Larval Dispersal and Movement Patterns of Coral Reef Fishes, and Implications for Marine Reserve Network Design. *Biology Review*, 90:1215–1247. DOI: 10.1111/brv.12155
- Ilyas, I.S., Astuty, S., Harahap, S.A. & Purba, N.P. 2017. Keanekaragaman Ikan Karang Target Kaitannya dengan Bentuk Pertumbuhan Karang pada Zona Inti di Taman Wisata Perairan Kepulauan Anambas. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, (8):103–111.
- Kimirei, I. A., Nagelkerken, I., Griffioen, B., Wagner, C. & Mgaya, Y.D. 2011. Ontogenetic Habitat Use by Mangrove/Seagrass-Associated Coral Reef Fishes Shows Flexibility In Time and Space. *Estuarine, Coastal And Shelf Science*, 92(1):47–58. DOI: 10.1016/j.ecss.2010.12.016
- Lorwens, J. 2011. Hubungan Antara Ikan Indikator (*Chaetodontidae*) dan Kondisi Karang di Pesisir Pulau Biak dan Kepulauan Padaido. *Jurnal Literasi Perikanan Indonesia*, 17(2):147-156.
- Mcgarigal, K. 2015. *Fragstats*. University of Massachusetts: Amherst, MA, USA, p.1–182.
- Mcmahon, K.W., Berumen, M.L. & Thorrold, S.R. 2012. Linking Habitat Mosaics And Connectivity in A Coral Reef Seascape. *Proceeding National Academy of Science*, 109:15372–15376. DOI: 10.1073/Pnas.1206378109
- Nagelkerken, I. 2009. Ecological Connectivity Among Tropical Coastal Ecosystems. *Springer Science and Business Media B. V.*, Netherlands, 615. DOI: 10.1007/978-90-481-2406-0
- Pittman, S.J. 2018. *Introducing Seascapae Ecology*. Seascape Ecology. S. J. Pittman, Ed. Plymouth, UK.
- Rizal, A. & Anna, Z. 2020. The Effect On Mangrove Density With Sediment Transport Rate In Sikakap Coastal Area Of Mentawai Island District , West Sumatera Province, Indonesia. *World Scientific News*, 146: 202–214.
- Suparno, S., Efendi, Y., Arlius, A., Eriza, M., Bukhari, B., Samsuardi, S., Yennafri, Y. & Arafat, M.Y.

2021. Penilaian Indeks Kesehatan Terumbu Karang Di TWP Selat Bunga Laut, Kabupaten Kepulauan Mentawai. *Jurnal Kelautatan Tropis*, 24:71–80. DOI: 10.14710/Jkt.V24i1.6449
- Wedding, L.M., Lepczyk, C.A., Pittman, S.J., Friedlander, A.M. & Jorgensen, S. 2011. Quantifying Seascape Structure: Extending Terrestrial Spatial Pattern Metrics to the Marine Realm. *Marine Ecology Progress Series*, 427: 219-232. DOI: 10.3354/meps09119
- Yuliani, W. 2018. Metode Penelitian Deskriptif Kualitatif Dalam Perspektif Bimbingan Dan Konseling. *Quanta*, 2(2):83 – 91.
- Yusuf, Y. & Ali, A.B. 2004. The Use Of Butterflyfish (*Chaetodontidae*) As Bioindicator In Coral Reef Ecosystem. *Biomonitoring Tropical Coastal Ecosystem*, pp.175–183.