

GEOMETRI TERUMBU PULAU KECIL: MODEL PERENCANAAN KAWASAN KONSERVASI BERBASIS PERIKANAN TANGKAP DI KABUPATEN KEPULAUAN SITARO

(Reef geometri of small islands : A Model Conservation Planning based on Fisheries Capture in Sitaro Archipelagic Regency)

Oleh:

Joyce Kumaat^{1*}, John Haluan², Budy Wiryawan², Sugeng Hariwisudo²,
Daniel Monintja²

ABSTRAK

Model pengelolaan pulau-pulau kecil berdasar pada geometrik terumbu karang dapat digunakan dalam penentuan suatu kawasan konservasi laut. Metode ini mencoba melihat ikan target sebagai variabel prediksi, karang sebagai variabel indikator dan geometri terumbu sebagai variabel pengungkit yang dipakai sebagai suatu unit penentuan suatu kawasan konservasi laut. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengungkapkan model geometri terumbu pulau kecil sebagai suatu kerangka model dalam penentuan kawasan konservasi dan perencanaan perikanan *artisanal* berbasis ekosistem. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi kelimpahan ikan target bervariasi antara 208–732 individu/250 m, tutupan karang keras 28,40–50,92% dan karakteristik pulau berdasar geometri terumbu terdiri dari 4 model yaitu terumbu segitiga, terumbu lingkaran, terumbu ginjal dan persegi panjang terumbu. Dari hasil simulasi dengan pendekatan indeks kesamaan (*morpho-structural groups*) berdasar pada persentasi tutupan karang, model yang terbentuk menghasilkan 3 kelompok utama, dengan Pulau Mahoro 1 dan 2 menunjukkan nilai konservasi tertinggi. Model pendekatan geometrik terumbu pulau-pulau kecil ini adalah merupakan salah satu cara di dalam penentuan unit kawasan konservasi, bukan sebagai syarat eksklusif dalam membuat keputusan tentang kebijakan atau zonasi kawasan konservasi. Sebaliknya metode ini memperkirakan kelas terumbu dan ikan target sebagai unit di dalam penentuan lokasi konservasi, sehingga perlu ada kombinasi lain yang berhubungan dengan target konservasi lainnya. Target konservasi ini bisa dikombinasikan dengan keberadaan spesies langka (*endangered spesies*), sosial ekonomi nelayan, aktivitas transportasi dan faktor fisik perairan di dalam penetapan status kawasan konservasi.

Kata kunci: geometri, konservasi, spesies, terumbu

PENDAHULUAN

Ketertarikan manusia terhadap kondisi alam di pulau kecil terungkap dari tulisan oleh Jules Verne yang berjudul *The Mysterious Islands (L'Île mystérieuse)* di tahun 1874 (http://en.wikipedia.org/wiki/The_Mysterious_Island), Verne mengilustrasikan alasannya bahwa secara geomorfologi, pulau kecil memiliki keragaman organisme sangat berlimpah dan berfungsi sebagai laboratorium alam untuk mempelajari bentuk bentang alam dan biogeografi

¹ Departemen Geografi FIS - Universitas Negeri Manado

² Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, FPIK-IPB

* Korepondensi: joyke.kumaat@gmail.com

(Nunn 1986). Sejalan dengan pernyataan Verne, lahir sebuah teori *Subsidence Coral* ditulis oleh Darwin pertengahan abad 19 dan tulisan serupa oleh Dana tahun 1872, disusul kemudian oleh Davis di tahun 1928, dari ketiga tulisan tersebut terungkap aspek utama dari pulau-pulau kecil dapat dipengaruhi oleh kondisi geomorfologi terumbu karang (Endinger & Risk 2000; Phin *et al.* 2011), selain faktor alam lain seperti naiknya massa air laut (Marani *et al.* 2006; McLeod *et al.* 2010). Walaupun terisolasi dan dianggap sebagian orang tidak menguntungkan secara ekonomi (Nunn, 1986; Woodroffe 2000), kawasan pulau-pulau kecil memiliki potensi sumberdaya alam dan jasa lingkungan yang tinggi yakni terumbu karang, padang lamun, *mangrove*, perikanan *artisanal* dan kawasan konservasi (Jones *et al.* 2011), sehingga memungkinkan pulau-pulau kecil yang terdiri dari gosong karang (Nunn, 1986), pulau karang muncul (Kenedy & Woodroffe 2002), atol (Woodroffe 2000), pulau vulkanik (Wedding *et al.* 2008) dan pulau benua dapat memberikan sumbangan di dalam pengelolaan kawasan konservasi dan perikanan berkelanjutan. Desmukh *et al.* 2005, mencirikan suatu studi *eko-geomorfologi* yang mempelajari suatu pendekatan yang mengungkap detail informasi tentang keberadaan zonasi terumbu beserta morfologinya. Ciri morfologi terumbu merupakan salah satu unit perencanaan untuk penentuan kawasan konservasi (Trueba & Cañadas 2008; Masselink *et al.* 2008; Wang *et al.* 2010; Heyman & Wright 2011) dan pengelolaan terumbu karang berkelanjutan (Pinca 2003; Crabbe 2010). Penelitian ini bertujuan mengungkapkan model geometri terumbu pulau kecil sebagai suatu kerangka model dalam penentuan kawasan konservasi dan perencanaan perikanan *artisanal* berbasis ekosistem.

METODE PENELITIAN

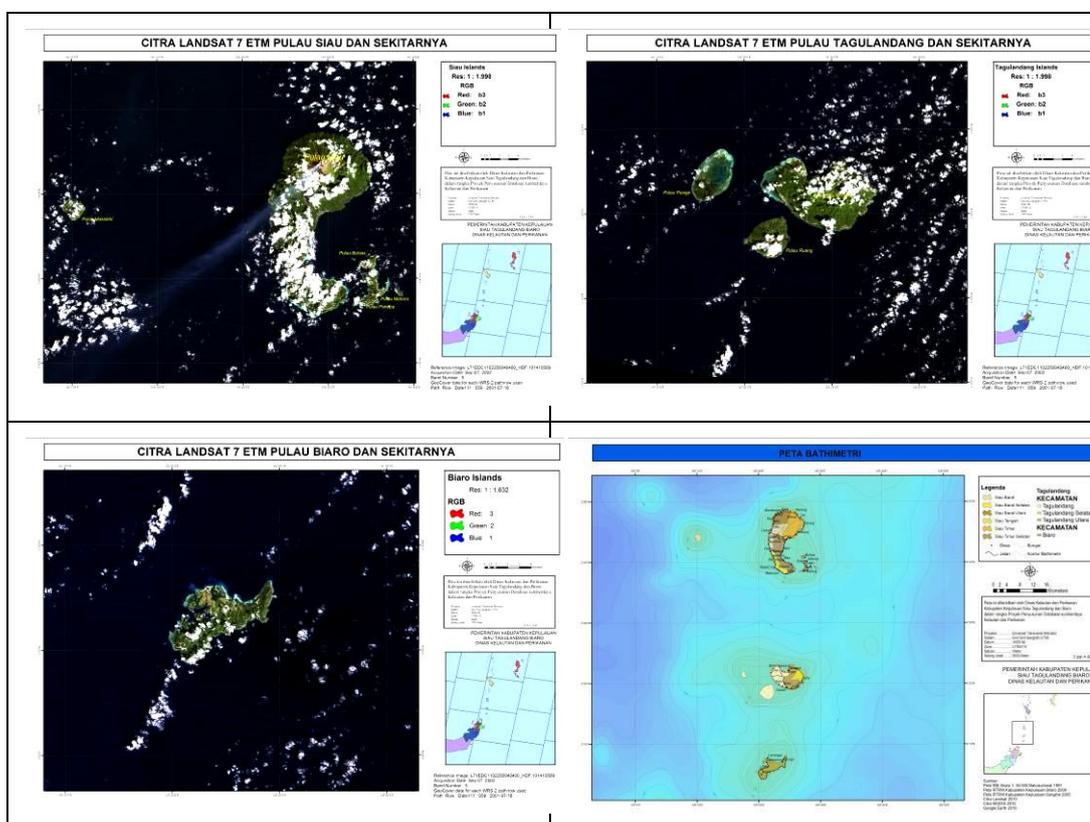
Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Kepulauan Sitaro, Provinsi Sulawesi Utara. Peta tematik dibuat berdasarkan Peta Rupa Bumi Indonesia dengan skala 1:50.000 (Bakosurtanal), peta RTRW Kabupaten Sitaro Tahun 2009, data SRTMv4.1 (<http://www.cgiar-csi.org/data/elevation>) dan Citra Landsat ETM 7 (USGS). Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Mei sampai Desember 2011, yang tersebar di 17 (tujuh belas) lokasi penelitian terdiri dari 3 klaster pulau yaitu klaster Pulau Siau, klaster Pulau Tagulandang dan klaster Pulau Biaro (Gambar 1).

Pelaksanaan survei penentuan komposisi terumbu karang mengacu pada metode *Line Intercept Transect* (LIT) dan *Underwater Visual Census* (UVC) khusus ikan-ikan target (ekonomis penting), mengacu pada English *et al.* 1996, Samoilys & Carlos 1997 dan Andréfouët & Wantiez 2010. Selanjutnya, menghitung hubungan antara panjang-berat ikan (Samoilys dan Carlos 1997) dipakai persamaan $W = aL^b$ dimana W adalah berat ikan (gr); L adalah panjang ikan (cm) sedangkan a, b = konstanta (www.fishbase.org), sedangkan pendugaan potensi lestari ikan karang $MSY_{opt} = (0.5 \times P_y) \times 0.8$ dimana P_y adalah *potential yield* dan 0.8 adalah konstanta *precautionary approach* (modifikasi dari Sparre & Venema 1999).

Identifikasi morfologi terumbu karang berdasarkan pada klasifikasi morfologi terumbu dari Morri *et al.* 2004; Desmukh *et al.* 2005; dan Masselink *et al.* 2007. Pemetaan terumbu (*benthic cartography*) mengacu pada Bianchi *et al.* 2004 dan Gleason *et al.* 2006. Survei bathimetri adalah survei pengukuran kedalaman laut sebagai langkah selanjutnya untuk mengidentifikasi keberadaan morfologi dasar laut (BC of Ministry of Fisheries 1999 dan Kvernevic *et al.* 2002), sedangkan beberapa perangkat lunak seperti Surfer v9.10, ArcGIS v9.3, Global Mapper v11, Minitab v16 dan Excel 2010 sebagai alat bantu analisis data dan pemodelan. Analisis klaster (Castro-Pérez *et al.* 2011) di pakai untuk menentukan kesamaan secara spasial persentasi terumbu karang (*morphostructural groups*-MSG) dalam membantu untuk mengidentifikasi calon kawasan konservasi yang sesuai.

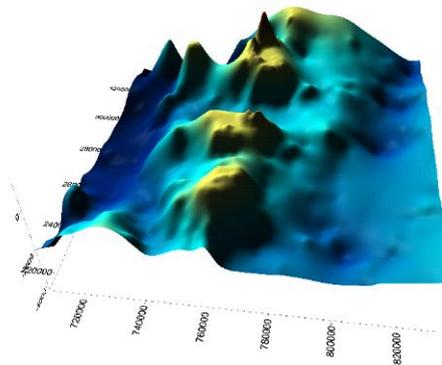
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kabupaten Kepulauan Sitaro memiliki 47 gugus pulau dimana 10 pulau diantaranya berpenghuni dan 37 pulau lainnya tidak berpenghuni, serta Pulau Makalehi merupakan pulau terluar lewat penetapan Peraturan Presiden No. 78 Tahun 2005 tentang pengelolaan pulau-pulau kecil terluar. Garis pantai dengan total panjang ± 226,857 km dan luas total pulau-pulau di Sitaro adalah ± 38 501,691 Ha. Kondisi bathimetri gugusan pulau kecil di Kabupaten Sitaro memiliki kedalaman bervariasi, garis kontur yang terbaca dari data SRTM kedalaman 0-1500 m membentuk alur keluar ke sebelah barat dari gugusan pulau Siau dan menyempit garis garis konturnya di sekitar pulau Makalehi dengan kedalaman 0 – 500 m ke arah timur. Kondisi yang sama dari peta bathimetri terbaca di sekitar gugusan pulau Tagulandang garis kontur menyempit dengan kedalaman yang variatif dari barat menuju timur sehingga terbentuk sebuah *channel* yang memisahkan antara pulau Siau dan Tagulandang. Pada sisi yang lain, kondisi dasar perairan sekitar pulau Biaro menunjukkan variasi kedalaman antara 0 – 100 meter mengitari pulau tersebut (Gambar 2). Garis kontur dekat dengan pulau Biaro adalah salah satu bagian dari *continental shelf* yang terbentuk di Laut Sulawesi, *isodepth* 1500 m memanjang ke utara saling terhubung dengan pulau Tagulandang dan pulau Siau.



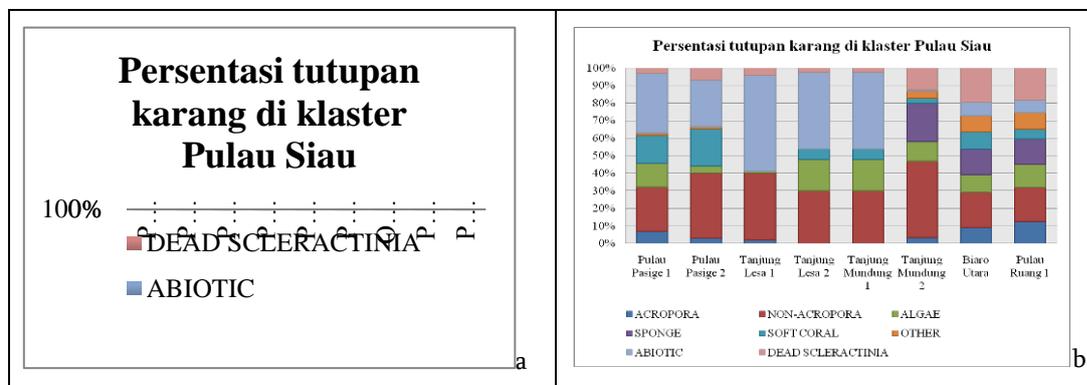
Gambar 1 Peta Lokasi Penelitian Citra Landsat 7 ETM dan Peta Bathimetri Kabupaten Kepulauan Sitaro

Analisis data yang telah dilakukan untuk menentukan kondisi terumbu karang berdasarkan persentase tutupan karang batu (dimana menurut kategori Yap-Gomez, tutupan karang batu 0-24.9% kondisi terumbu karang rusak, 25-49.9% cukup baik, 50-74.9% baik dan 75-100% sangat baik/semurna), memberikan hasil yang menunjukkan sebagian besar station pengamatan terumbu karang di Siau dalam keadaan cukup baik, bahkan pada stasiun P. Pahepa 2, Mahoro 1 dan Mahoro 2 dalam kondisi baik (Gambar 3a).



Gambar 2 Model 3D Bathimetri gugusan kepulauan Sitaro

Hal ini menunjukkan bahwa terumbu karang yang berada di Pulau Mahoro dan Pulau Pahepa lebih berkembang baik dibandingkan lokasi penelitian lainnya. Berkembangnya terumbu karang di gugusan pulau-pulau kecil tersebut dikarenakan kondisi pulau yang terlindung (*sheltered*) dari kondisi ekstrem lingkungan laut menjadikan tempat-tempat tertutup yang sangat baik bagi pertumbuhan karang batu. Analisis data yang telah dilakukan memberikan hasil yang menunjukkan seluruh stasiun penelitian terumbu karang di pulau Tagulandang dan Biaro dalam kondisi *cukup baik* (Gambar 3b). Kondisi ini menunjukkan tingkat tutupan karang berkisar 25–50% di seluruh areal penelitian. Besarnya daerah rataan terumbu di Pulau Pasige (112.94 ha) dihubungkan dengan kehadiran jumlah ikan karang (khususnya spesies ikan target), daerah ini sangat ideal dijadikan *fishing ground* bagi nelayan tradisional ($H'=3.35$).



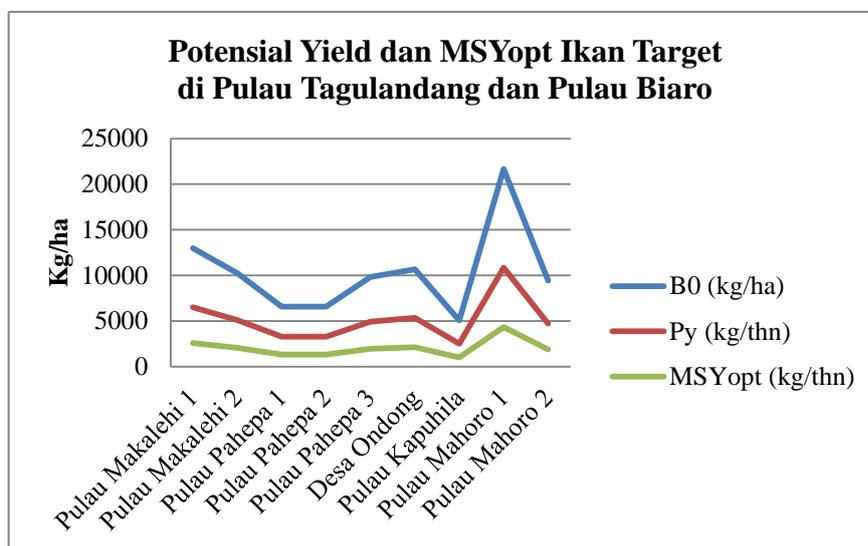
Gambar 3 Persentase tutupan terumbu karang klaster Pulau Siau (a) dan Persentase tutupan karang di klaster Pulau Tagulandang dan Biaro (b)

Dari empat areal di stasiun Tagulandang didapatkan Pasige 1 memiliki 32,00% tutupan karang batu dan Pasige 2 dengan tutupan karang batu 40,00%. Kedalaman terumbu hingga 25 meter dan jenis karang batu yang mendominasi adalah genus *Seriatopora* dan *Anacropora*, namun di daerah *reef flat* terlihat banyak *Porites* dan *Acropora* dengan bentuk pertumbuhan yang kokoh, dimana diwakili oleh *Porites lutea* dan *Acropora humilis*. Berbeda dengan stasiun yang terdapat di Pasige yang memiliki terumbu semi *atol*, stasiun lainnya di Tagulandang adalah Tanjung Lesa 1 dengan tutupan karang batu 40,00% dan Tanjung Lesa 2 dengan tutupan 30,00%.

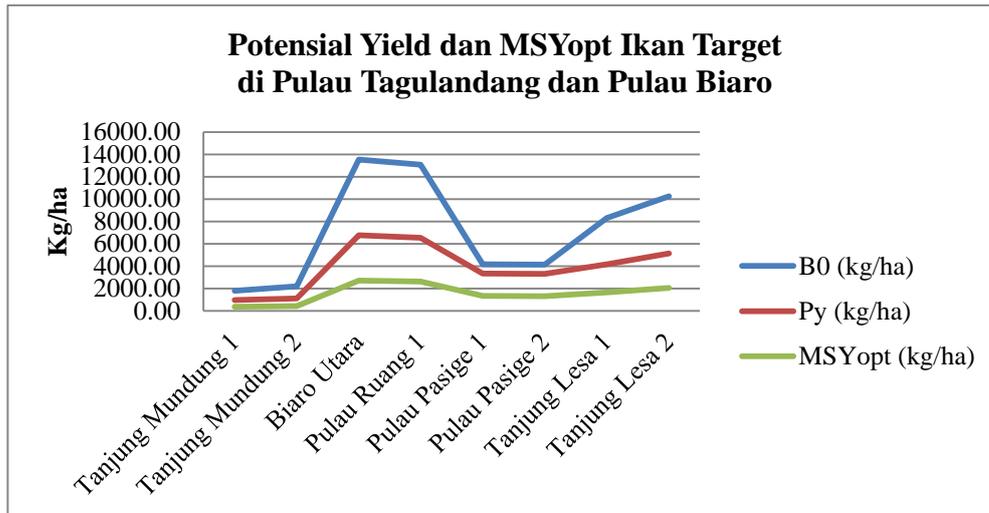
Tabel 1 Komposisi Persentasi Karang Batu, Stok Ikan, Geometrik Unit dan Tipe Geometrik Terumbu di Kabupaten Kepulauan Sitaro

Lokasi	Karang Batu	Stok Ikan (ind/250m)	Geometrik Unit (ha)			Tipe Geometrik Terumbu Pulau
	Persentasi (%)		Terumbu Belakang	Rataan Terumbu	Terumbu Depan	
Biara Utara	40,00	732	13,32	28,38	16,96	Rectangle reef (v)
P. Ruang	30,00	611	2,29	5,52	3,48	Triangle reef (v)
Pasige 1	31,96	338	23,22	112,94	34,88	Circle reef (nv)
Pasige 2	28,96	453	4,67	32,44	6,91	Circle reef (nv)
Makalehi 1	50,56	466	0,78	2,17	1,28	Circle Reef (v)
Makalehi 2	30,80	409	3,71	1,85	1,43	Circle Reef (v)
Pahepa 1	40,96	298	3,25	21,71	9,27	Kidney shape reef (v)
Pahepa 2	50,92	304	1,38	11,43	3,71	Kidney shape reef (v)
Mahoro 1	31,60	429	4,07	5,43	2,25	Rectangled reef (v)
Mahoro 2	37,04	433	4,34	4,63	1,86	Rectangled reef (v)

Kelimpahan stok spesies ikan target hasil *census visual* pada 17 stasiun penelitian ($n = 17$) di terumbu karang Kabupaten Kepulauan Sitaro, tercatat 53 spesies termasuk dalam 13 famili yang ditemukan. Jumlah spesies ikan target bervariasi setiap lokasi penelitian, faktor-faktor yang menyebabkan variasi tersebut adalah habitat terumbu sebagai tempat mencari makanan memiliki tingkat keanekaragaman yang berbeda, pola adaptasi dan daya tampung ekologi suatu kawasan. Estimasi kelimpahan stok (B_0), potensial *yield* (p_y) dan MSY_{opt} ikan target di klaster Pulau Siau seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, adalah merupakan gambaran perikanan terumbu yang berada di klaster ini, bahwa kelimpahan stok (B_0) di Pulau Mahoro 1 menyumbang sebesar 276.310 kg/ha adalah yang tertinggi, kondisi yang berbeda kelimpahan stok ikan target sebesar 126.454 kg/ha terendah di semua lokasi penelitian ditemukan di Pulau Kapuhila. Demikian juga hasil perhitungan *potensial yield* dan *Maximum Sustainability Yield* optimum seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

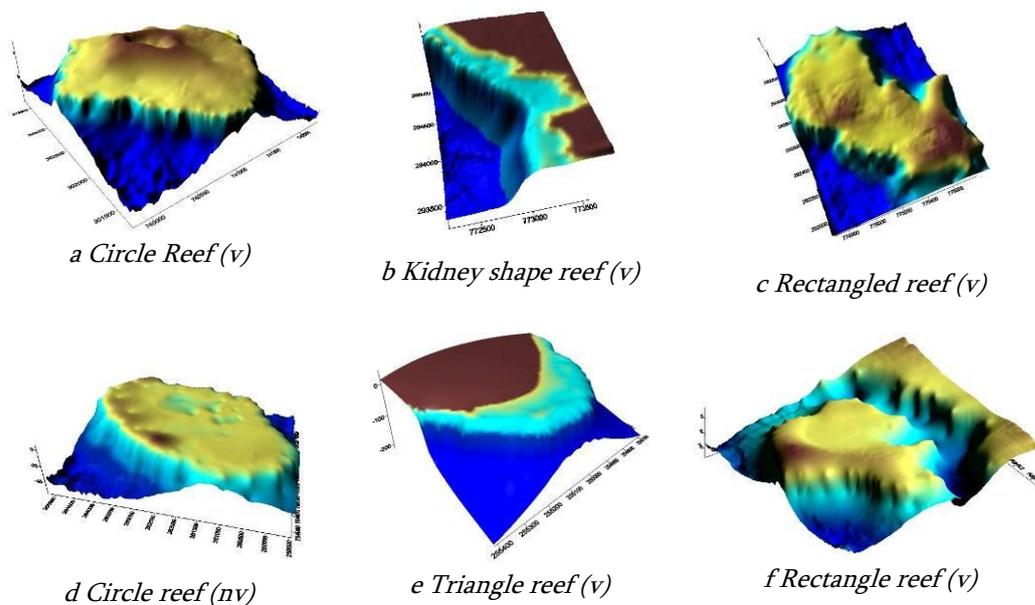
Gambar 3 Potensial *yield* dan MSY_{opt} ikan target di Pulau Siau

Selain itu, keberadaan ikan target di klaster Pulau Biara dan Tagulandang di tinjau dari kelimpahan stok, *potensial yield* dan MSY_{opt} dapat di lihat pada Gambar 4. Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa komposisi ikan target di lokasi penelitian Biara Utara menunjukkan angka tertinggi dimana kelimpahan stok ikan target sebesar 338.018 kg/ha dengan potensial *yield* sebesar 6760.361 kg/ha sedangkan MSY_{opt} sebesar 2704.145 kg/ha.



Gambar 4 Potensial yield dan MSY_{opt} ikan target Pulau Tagulandang dan Biaro

Kondisi lain yang digambarkan pada lokasi penelitian Tanjung Munding 1 menunjukkan kondisi ikan target yang rendah untuk kelimpahan stok sebesar 44,61 kg/ha, potensial yield sebesar 893,225 kg/ha dan MSY_{opt} sebesar 357,29 kg/ha. Selanjutnya dari serangkaian survei bathimetri dan penyelaman untuk mengukur geomorfologi terumbu terdapat sebelas (11) model morfologi terumbu dari 17 lokasi penelitian. Hasil yang didapatkan menunjukkan hampir semua terumbu yang ada di Kabupaten Kepulauan Sitaro memiliki bentuk, ukuran dan tipe terumbu yang sama yaitu: terumbu depan (*front reef*), rataan terumbu (*reef flat*) dan terumbu belakang (*back reef*). Kemudian dengan ciri khas masing-masing lokasi yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan setempat (*in-situ*). *Digital Elevation Model* (DEM) geometrik terumbu pulau di lokasi yang terpilih seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 pulau-pulau tersebut adalah: Pulau Makalehi, Pulau Pahepa (1,2), Pulau Mahoro, Pulau Pasige, Pulau Ruang dan Biaro utara.



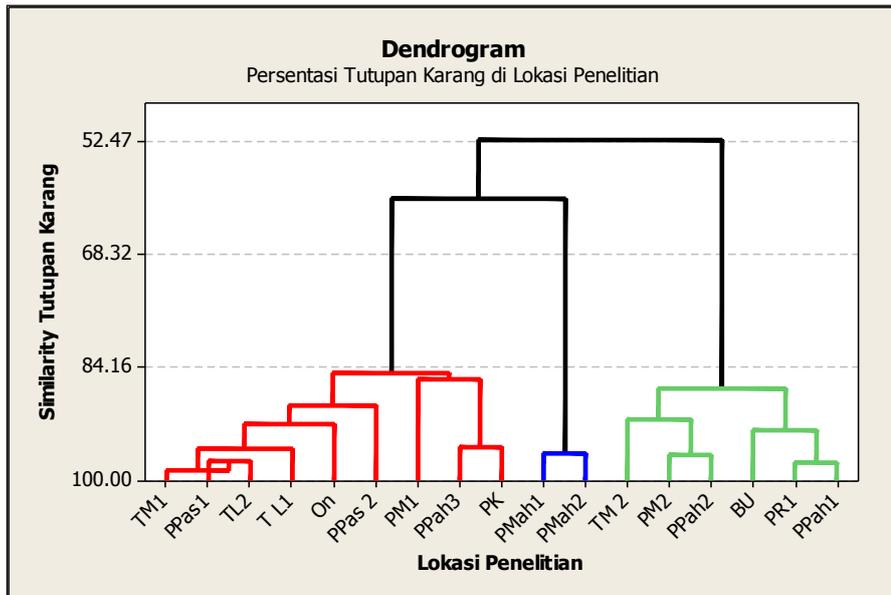
Gambar 5 Digital Elevation Model (DEM) geometri terumbu pulau

Keterangan: a. Pulau Makalehi; b. Pulau Pahepa(1,2); c. Pulau Mahoro; d. Pulau Pasige; e. Pulau Ruang, f. Biaro utara, v: vulkanik, c: non-vulkanik

Dari keenam (6) lokasi di atas teridentifikasi hanya Pulau Pasige bertipe sebagai Pulau non vulkanik (*limestone*), sedangkan kelima Pulau yang lain yaitu Pulau Makalehi, Pulau Pahepa (1,2), Pulau Mahoro, Pulau Ruang dan Biaro Utara merupakan tipe pulau vulkanik. Sebagian besar dari pulau-pulau ini memiliki kondisi karakter terumbu yang hampir sama yaitu memiliki rata-ran terumbu (*reef flat*), sedangkan bentuk terumbu Pulau Pasige bertipe *lagoon*. Zona yang terbentuk ini merupakan daerah yang dangkal dan berada daerah pasang surut dan zona terumbu belakang (*back reef*) atau zona terumbu penghalang (*barrier reef* atau *reef crest*), zona ini biasanya terlindung dari ancaman gelombang dan merupakan saluran pertukaran air pada saat pasang dan surut. Selain itu pada kedalaman 6-7 m banyak didominasi oleh patahan-patahan karang (*rubbles*) dan substrat (pasir) yang menghampar di sepanjang terumbu depan (*front reef*), dibanding dengan *zona lagoon*, terumbu depan ini lebih rentan terhadap kerusakan disebabkan adanya pengaruh dari hempasan gelombang. Terumbu tepi (*fringing reef*) dengan *lagoon* berada di belakang karang timbul (*back reef lagoon*). Keberadaan geomorfologi terumbu karang yang spesifik juga tergambar di Pulau Pahepa walaupun tipe terumbu masih sama dengan kondisi morfologi terumbu karang lainnya akan tetapi karakteristik morfologinya lengkap. Memiliki terumbu belakang (*backreef*) kemudian terdapat rata-ran terumbu (*reef flat*), karang timbul atau disebut juga sebagai terumbu penghalang (*barrier reef* atau *reef crest*) dan di depan zona ini terdapat terumbu depan (*foreereef*) yang sangat berdekatan dengan terumbu tepi (*fringing reef*). Lokasi ini sangat terlindung dari pengaruh gelombang sehingga persentasi tutupan karangnya baik.

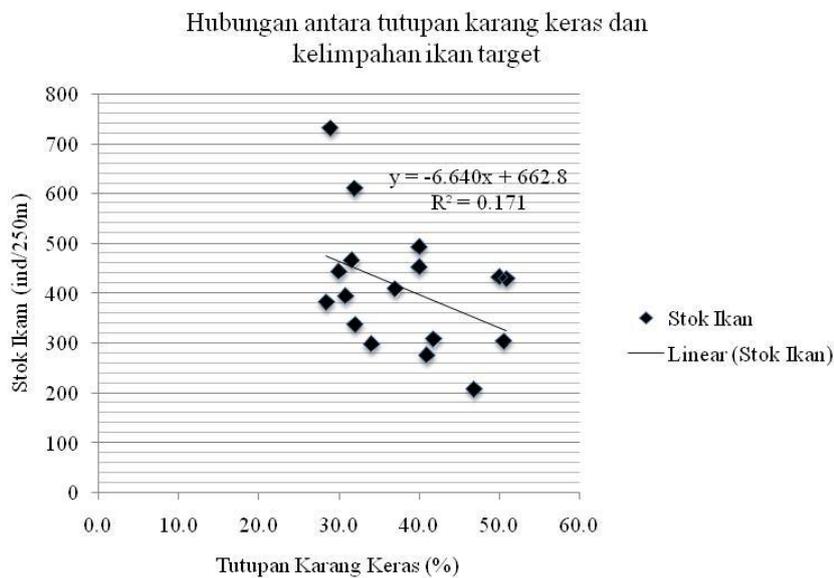
Predictive modeling digunakan untuk melihat kelimpahan stok ikan target, tutupan terumbu dan karakteristik terumbu dipakai *index similarity* dari persentasi tutupan karang di masing-masing lokasi penelitian (n=17), sehingga model *morpho-structural group* yang didapatkan berupa kluster diagram (Gambar 6). Hasil partisi menunjukkan persentasi tutupan karang terbagi di dalam 3 (tiga) kluster utama dimana pengelompokan kluster satu terdiri dari TM1, PPas1, PPas2, TL1, TL2, PM1, PPah3, On, PK. Prosentasi tutupan karang di kluster ini dengan bentuk tutupan karang batu sebesar 37,21%, diikuti oleh abiotik sebesar 30,98% selanjutnya fauna lain, algae dan karang mati sebesar 13,16%, 12,73% dan 5,95%. Pada kluster dua terdiri dari TM2, BU, PR1, PM2, PPah1, dan PPah2.

Terdapat dua lokasi penelitian pada kluster kedua yaitu PMah1 dan PMah2 dengan komposisi persentasi tutupan karang batu sebesar 50,48% sedangkan abiotik sebesar 18,34%. Selain itu, komposisi bentuk pertumbuhan yang lain seperti karang mati (8,24%), algae (8,24%) dan fauna lain (9,34%) juga hadir di lokasi tersebut. Kluster yang terakhir terdeskripsi lewat bentuk pertumbuhan karang terdapat di TM2, PM2, Ppah2, BU, PR1 dan Ppah1 terbagi dengan komposisi sebagai berikut: persentasi tutupan karang batu sebesar 38,21% sedangkan abiotik sebesar 6,98%. Kemudian diikuti oleh karang mati (19,41%), algae (9,87%) dan fauna lain (25,45%).



Gambar 6 Dendrogram sebaran persentasi tutupan karang di 17 lokasi penelitian

Beberapa lokasi penelitian menunjukkan bahwa kontribusi antara kelimpahan stok ikan target dan persentasi tutupan karang dari hasil model regresi linear ($y = -6,640x + 662,8$) dengan koefisien determinasi ($R^2 = 0.17$) diartikan bahwa sumbangan persentasi tutupan karang (variabel *respon*) terhadap variasi kelimpahan ikan (variabel *predictor*) adalah sebesar 17%, dimana sisanya 83% merupakan sumbangan faktor lain yaitu: karang mati, algae, fauna lain dan abiotik (Gambar 7).



Gambar 7 Model regresi linear tutupan karang keras dan kelimpahan ikan target

Hasil analisis ini seperti yang ditunjukkan di Biaro Utara dimana persentasi tutupan karang menunjukkan kategori cukup baik sebesar 28,96%, sedangkan kelimpahan stok ikan sebesar 732 ind/250m², tidak demikian dengan lokasi penelitian Pulau Mahoro 1, dengan persentasi tutupan karang kategori baik sebesar 50,92% akan tetapi kelimpahan stok ikan target sebesar 429 ind/250m². Kondisi serupa terjadi di stasiun penelitian Pulau Pahepa 2, sama

dengan Pulau Mahoro 1 dimana persentasi tutupan karang kategori baik sebesar 50,56%, sedangkan kelimpahan stok ikan target menunjukkan angka sebesar 304 ind/250m². Disisi lain, model geometri terumbu merupakan persediaan spasial terumbu yang menghubungkan antara *model predictor* (ikan target) dan persentasi tutupan terumbu sebagai *variable respons*. Dari analisis klaster di tujuh belas lokasi penelitian, terpartisi dalam 3 klaster utama, secara berurut komponen utama terdapat pada klaster Pulau Mahoro 1 dan klaster Pulau Mahoro 2, dimana persentasi komposisi tutupan karang sebesar 50,48% (baik). Variabel respons ini didukung pula oleh informasi sumberdaya ikan target lewat perhitungan MSY_{opt} , produksi yang dihasilkan khususnya ikan target sebesar 6 226.087 kg/ha (*model predictor*). Di sisi yang lain *model geometric* terumbu di Pulau Mahoro ini adalah model *rectangle reef*, terumbu ini memanjang sempit dan berbentuk seperti kotak, daerahnya terlindung (sisi barat pulau) walaupun kombinasi dari tutupan karangnya kategori baik (52,92%) dan indeks keragamannya tidak produktif ($H' = 0,22$) akan tetapi dominasi dari jenis karang genus *Acropora* merupakan salah satu genus karang yang cepat pulih apabila mengalami tekanan dari aktivitas manusia dan alam.

KESIMPULAN

Penelitian ini menginformasikan bahwa model geometrik terumbu dengan *model predictor* (ikan target) dan *variable respons* (terumbu) secara eksplisit sudah bisa menggambarkan suatu model penentuan kawasan konservasi. Komposisi kelimpahan stok ikan target di lokasi penelitian bervariasi antara 208–732 ind/250m², persentasi tutupan terumbu bervariasi antara 28,4–50,92% untuk tutupan karang batu dan variasi model geometrik terumbu teridentifikasi terdapat empat model yaitu *triangle reef*, *circle reef*, *kidney shape reef* dan *rectangle reef*. Dengan pendekatan model kelimpahan ikan target, persentasi terumbu karang dan *model geometric* terumbu menunjukkan bahwa nilai konservasi yang tertinggi terdapat di Pulau Mahoro. Model pendekatan geometrik terumbu pulau-pulau kecil ini adalah merupakan salah satu cara di dalam penentuan unit kawasan konservasi, bukan sebagai syarat eksklusif dalam membuat keputusan tentang kebijakan atau zonasi kawasan konservasi. Sebaliknya metode ini memperkirakan kelas terumbu dan ikan target sebagai unit di dalam penentuan lokasi konservasi, sehingga perlu ada kombinasi lain yang berhubungan dengan target konservasi lainnya. Target konservasi ini bisa dikombinasikan dengan keberadaan spesies langka (*endangered spesies*), sosial ekonomi nelayan, aktivitas transportasi dan faktor fisik perairan di dalam penetapan status kawasan konservasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andréfouët S dan L Wantiez. 2010. Characterizing the diversity of coral reef habitats and fish communities found in a UNESCO World Heritage Site: The strategy developed for Lagoons of New Caledonia. *Marine Pollution Bulletin* 61 : 612–620.
- BC of Ministry of Fisheries. 1999. Bathymetric Standards of Lake Inventories v 2.0. *The province British Columbia Published*. Canada. 73p
- Bianchi *et al.* 2004. Benthic Cartography. *Biol. Mar. Medit.*11:347-370.
- Castro-Pérez J M *et al.* 2011. Characterizing spatial and temporal reef fisheries in Chinchorro Bank Biosphere Reserve, Northern Mesoamerican Reef System. *Hidrobiológica* 2:197-209.

- Crabbe M J C. 2010. Coral Ecosystem Resilience, Conservation and Management on the Reefs of Jamaica in the Face of Anthropogenic Activities and Climate Change. *Diversity* 2:881-896.
- Deshmukh D *et al.* 2005. Eco-geomorphological zonation of the bangaram reef , Lakshadweep. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 33: 100-106.
- Edinger E N dan M J Risk. 2000. Reef classification by coral morphology predicts coral reef conservation value. *Biological Conservation*, 92:1-13.
- English S C, Wilkinson and Baker V. 1997. Survey Manual for Tropical Marine Resources. Asean. *ASEAN-Australia Marine Science Project: Living Coastal Resources*. p. 68-80.
- Gleason A *et al.* 2006. Coral Reef Habitats of Navassa Island I: Single Beam Acoustics. *Eos Trans. AGU* 87:36.
- Heyman W D dan D J Wright. 2011. Marine Geomorphology in the Design of Marine Reserve Networks. *The Professional Geographer* 63: 1-14.
- Jones A M, R Berkelmans dan W Houston. 2011. Species Richness and Community Structure on a High Latitude Reef: Implications for Conservation and Management. *Diversity* 3: 329-355.
- Kennedy D M dan C D Woodroffe. 2002. Fringing reef growth and morphology: a review. *Earth-Science Reviews* 57: 255 -277.
- Kvernevik TI. 2002. A low-cost procedure for automatic seafloor mapping , with particular to coral reef conservation in developing nation. *Hydrobiologia* 474: 67-79 p
- Marani M *et al.* 2006. Analysis, synthesis and modelling of high-resolution observations of salt-marsh eco-geomorphological patterns in the Venice lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science Journal* xx : 1-13.
- Masselink G, Kroon A dan Davidson-Arnot RGD. 2006. Morphodynamics of intertidal bars in wave-dominated coastal settings A review. *Geomorphology* 73:33 – 49.
- Mc Leod *et al.* 2010. Sea-level rise vulnerability in the countries of the Coral Triangle. *Sustainability Science* 5: 207-222
- Morri *et al.* 2004. Principles of Bionomy: Definition assemblages and use of taxonomic description (macrobentos). *Biol. Mar. Medit.* 11: 573-600.
- Nunn P. 1987. Small Islands and Geomorphology: review and prospect in the context historical geomorphology. *JSTOR* 12: 227-239.
- Phin SR, CM Roelfsema dan PJ Mumby. 2011. Multi-scale, object-based image analysis for mapping geomorphic and ecological zones on coral reefs. *International Journal of Remote Sensing* 33:3768-3797.
- Pinca S. 2003. Marshal Island surveys to support a national effort towards reef conservation. *SPC Women in Fisheries Information Bulletin* 3:31-33.
- Samoilys M.A and Carlos G. 1992. Development of an underwater visual census method for assessing shallow water reef fish stocks in the south west Pacific. *ACIAR Project PN8545 Final Report*. 100pp
- Sparre P and Venema, S C. 1992. Introduction to Tropical Fish Stock Assessment, Part 1. Manual. *FAO Fisheries Technical Paper* 306/1 Rev.1. FAO, Rome.

- Trueba JJG and Cañadas ES. 2008. Geomorphological heritage assessment in natural protected areas. application in the Picos de Europa National Park. *Boletín de la A.G.E.N.* 47:397-399.
- Wang K *et al.* 2010. Remote Sensing of Ecology, Biodiversity and Conservation: A Review from the Perspective of Remote Sensing Specialists. *Sensors Journal* 10: 9647-9667.
- Weeding L M *et al.* 2008. Using bathymetric lidar to define nearshore benthic habitat complexity: Implications for management of reef fish assemblages in Hawaii. *Remote Sensing of Environment* 112: 4159 – 4165
- Woodroffe C. 2000. Reef-island sedimentation on Indo-Pacific atolls and platform reefs. *Proceedings 9th International Coral Reef Symposium*. Vol 2.