

Pemetaan Kompleksitas Habitat Dasar Perairan Menggunakan Data Batimetri di Perairan Pulau Kemujan Karimunjawa

Arip Rahman^{1*}, Vincentius P. Siregar², James P. Panjaitan²

¹Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan, Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia
Jl. Cilalawi No. 1 Jatiluhur Purwakarta Jawa Barat 41152 Indonesia

²Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Institut Pertanian Bogor

Jl. Agatis, Babakan, Kec. Dramaga, Kota Bogor, Jawa Barat 16126 Indonesia

Email : alphagrt79@gmail.com

Abstract

Mapping of Benthic Habitat Complexity Using Bathymetry Data In Kemujan Island Karimunjawa

The complexity of the substrate of the bottom waters describes the diversity of the bottom structure of the waters. The structure of the complexity of bottom waters can be measured by the rugosity. Manual method for measuring rugosity can be used chain method. Besides that rugosity can be calculated using bathymetry data using Surface Area from Elevation Grid Extension tools that integrated in ArcGIS which produces Arc-chord ratio (ACR) rugosity. Based on this method, a flat area has rugosity close to 1, while an area with high elevated will show rugosity value higher than 1 (>1). Measurement of the complexity of the bottom waters is carried out to see the condition of benthic habitat in the shallow waters of Kemujan Island, Karimunjawa Islands. Based on the rugosity index, conditions of bottom waters of the Kemujan Island are quite complex (ACR rugosity index, 2-2.044). The ACR rugosity index correlated quite well with the rugosity index of the field measurement ($r = 0.76$).

Keywords: Complexity, rugosity index, arc-chord ratio, Kemujan Island, Karimunjawa

Abstrak

Kompleksitas dasar perairan menggambarkan keragaman struktur dasar perairan. Struktur kompleksitas suatu dasar perairan dapat diukur dengan tingkat kekasaran (*rugosity*) dasar perairan. Metode pengukuran *rugosity* secara manual dilakukan dengan menggunakan metode rantai (*chain*). Selain itu *rugosity* juga dapat dihitung dengan menggunakan data kedalaman dengan menggunakan *Surface Area from Elevation Grid Extension* yang terintegrasi pada ArcGIS yang menghasilkan *Arc-chord ratio* (ACR) *rugosity*. Berdasarkan metode ini daerah datar memiliki nilai *rugosity* mendekati 1, sedangkan area dengan relief tinggi akan menunjukkan nilai *rugosity* yang lebih tinggi (>1). Pengukuran kompleksitas dasar perairan dilakukan untuk melihat kondisi habitat dasar di perairan dangkal Pulau Kemujan Kepulauan Karimunjawa. Berdasarkan indeks *rugosity*, kondisi dasar perairan Pulau Kemujan memiliki kompleksitas yang cukup tinggi (indeks ACR *rugosity* 2-2.044). Hal tersebut menggambarkan kondisi dasar perairan di sekitar lokasi penelitian cukup beragam. Indeks *rugosity* ACR berkorelasi cukup baik dengan indeks *rugosity* hasil pengukuran lapangan ($r=0.76$).

Kata Kunci: Kompleksitas, indeks *rugosity*, *arc-chord ratio*, Pulau Kemujan, Karimunjawa

PENDAHULUAN

Perairan Pulau Kemujan termasuk dalam wilayah perairan Taman Nasional Perairan

(TNP) Karimunjawa yang pengelolaannya dilakukan dengan sistem zonasi (Departemen Kehutanan, 2004). Berdasarkan pengamatan lapangan, komposisi dasar perairan di sekitar

Perairan Pulau Kemujan terdiri dari karang hidup, karang mati yang ditumbuhi alga, pecahan karang yang ditutupi alga, dan pasir yang sebagian ditutupi dengan alga.

Terumbu karang merupakan salah satu contoh untuk melihat pengaruh kompleksitas habitat terhadap keanekaragaman dan kelimpahan organisme yang berasosiasi (Kovalenko *et. al.*, 2012). Struktur kompleksitas merupakan heterogenitas dan tingkat ketidakteraturan struktur elemen yang merupakan susunan kontur topografi suatu lokasi (Taniguchi *et.al.*, 2003). Struktur kompleksitas suatu dasar perairan dapat diukur dengan tingkat kekasaran (*rugosity*) dasar perairan tersebut (Knudby & LeDrew, 2007). Struktur kompleksitas dasar perairan yang tinggi dapat digunakan untuk memperhitungkan kelimpahan spesies yang tinggi (Friedlander & Parrish, 1998; Gratwicke & Speight, 2005).

Analisis *rugosity* menghasilkan peta deskriptif yang membantu mengidentifikasi daerah dengan potensi keanekaragaman yang tinggi. Daerah dengan *rugosity* yang beragam merupakan prediktor penting dari lokasi habitat dan kepadatan suatu spesies (Young *et.al.*, 2015). Secara ekologi, pentingnya struktur kompleksitas dasar perairan berhubungan dengan tempat berlindung organisme laut (Almany, 2004), relung fisik (Willis *et.al.*, 2005), yang mendukung tingginya biodiversitas (Gratwicke & Speight, 2005; Tews *et al.*, 2004) dan meningkatkan *carrying capacity* dari suatu habitat (Kostylev *et.al.*, 2005).

Pengukuran *rugositas* secara manual dilakukan dengan membandingkan panjang transek yang mengikuti kontur permukaan substrat dasar dengan panjang transek garis lurus dari titik awal sampai titik akhir pengukuran (Risk, 2012). Selain menggunakan metode manual, *rugosity* juga dapat dihitung dengan menggunakan data kedalaman dengan menggunakan add-in ArcGIS 10.5, *Surface Area from Elevation Grid Extension* (Jenness, 2013). *Rugosity* yang dihitung dengan menggunakan teknik ini berkorelasi tinggi dengan kemiringan (*slope*).

Pemetaan habitat dasar perairan merupakan suatu langkah awal kedepan kita

memahami lingkungan laut, dan umumnya diperoleh dari gradient batimetri, yang mempengaruhi distribusi dan kelimpahan spesies (Brock *et.al.*, 2004). Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk memetakan kompleksitas dasar perairan di sekitar Pulau Kemujan dengan menggunakan data batimetri. Hasil penelitian diharapkan dapat menggambarkan kondisi habitat dasar perairan dangkal di sekitar perairan Pulau Kemujan.

MATERI DAN METODE

Pemetaan kompleksitas dasar perairan dangkal dilakukan di sekitar perairan Pulau Kemujan, Taman Nasional Perairan Karimunjawa, Jawa Tengah (5°40' LS – 5°57'LS dan 110°4'BT – 110°40' BT) (Gambar 1).

Data kedalaman diperoleh dari hasil pemeruman dengan menggunakan *echo-sounder single beam GPS MAP 527xs*. Data kedalaman hasil pemeruman dikoreksi terhadap rata-rata muka air laut rendah terendah (LLWL, *Lowest Low Water Level*). Sementara data citra satelit yang digunakan pada penelitian ini adalah citra satelit multispektral Sentinel-2A kanal sinar tampak (Band 2: biru, Band 3: hijau, Band 4: merah, dengan resolusi spasial 10 m). Data batimetri di lokasi penelitian diestimasi dengan menggunakan data kedalaman hasil pemeruman dan data citra satelit Sentinel-2A yang telah terkoreksi dengan menggunakan model algoritma *Support Vector Machine* (SVM) (Rahman, Siregar, & Panjaitan, 2020). Hasil perhitungan akurasi data batimetri dengan menggunakan model algoritma SVM diperoleh nilai $R^2=0.57$ dan $RMSE=0.73$ m.

Proses analisis *rugosity* yang dilakukan pertama membuat peta daerah kontur (*contoured area*) lokasi penelitian yang akan diukur *rugositinya*. Selanjutnya menurun peta kemiringan (*slope*) dari *contoured area* yang dibuat sebelumnya. Langkah selanjutnya mengkonversi peta kemiringan (*slope*) menjadi planar area dengan mengikuti perhitungan rumus cosine (*cos*) dengan persamaan (Jenness, 2013):

$$\text{planar area} = \frac{\text{horizontal area}}{\cos\theta}$$

Horizontal area merupakan raster cell area, sedangkan θ merupakan perkalian antara slope raster hasil turunan dari batimetri dengan nilai 0.01745 yang merupakan hasil dari $\pi/180$.

Perhitungan Arc-chord ratio (ACR) rugosity dengan persamaan (Jenness, 2013):

$$rugosity = \frac{\text{contoured area}}{\text{planar area}}$$

Berdasarkan metode ini area datar memiliki nilai rugosity mendekati 1, sedangkan area dengan relief tinggi akan menunjukkan nilai rugosity yang lebih tinggi (>1).

Pengukuran rugosity secara manual

Rugosity secara manual/tradisional dievaluasi dengan cara pengukuran lapangan (insitu) (Gambar 2).

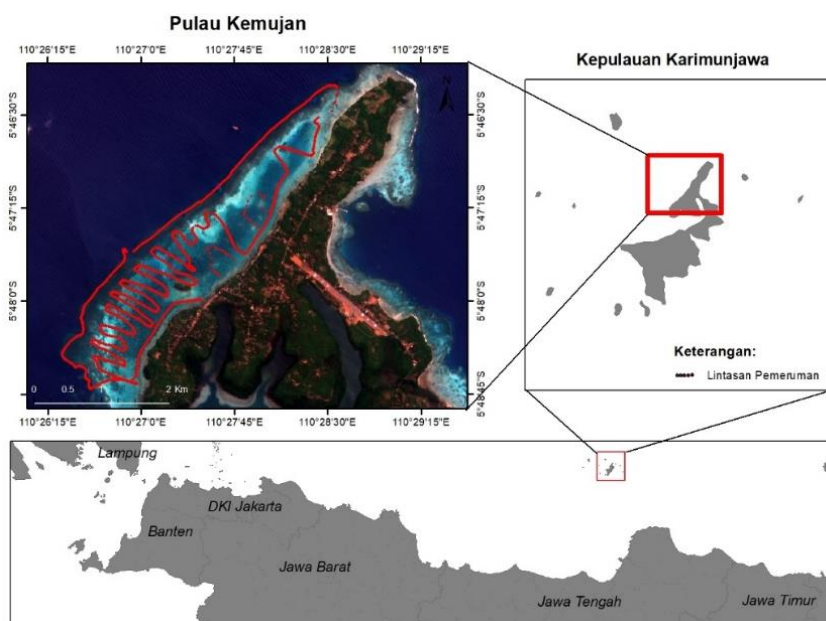
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data kedalaman hasil estimasi model algoritma SVR yang digunakan pada penelitian ini berkisar antara -0.5--6.78 m dengan kedalaman rata-rata -2.4 m. Hal tersebut menggambarkan bahwa perairan disekitar Pulau Kemujan termasuk perairan

yang dangkal. Peta batimetri hasil estimasi model algoritma SVR disajikan pada Gambar 3.

Peta batimetri dalam format raster yang dihasilkan menjadi masukan (input) dalam perhitungan Arc-chord Ratio (ACR) rugosity yang digunakan untuk menganalisis kompleksitas dasar perairan di sekitar perairan Pulau Kemujan. Hasil pengolahan batimetri secara tiga dimensi (3D) disekitar lokasi penelitian memperlihatkan adanya cekungan yang dibatasi oleh permukaan yang lebih tinggi disekitarnya. Hasil survey lapangan menunjukkan bahwa daerah cekungan tersebut cukup terlindungi, sehingga nelayan setempat memanfaatkan lokasi cekungan tersebut untuk budidaya rumput laut dan lokasi penangkapan ikan dengan menggunakan pancing dan jaring.

Kemiringan (slope) merupakan turunan pertama dari data batimetri yang menggambarkan derajat kemiringan lereng dasar perairan (Gambar 4). Kemiringan dasar perairan dianggap sebagai faktor penting dalam menentukan habitat bentik dan suatu koloni di laut dalam berbagai skala (Wilson et al., 2007). Daerah yang datar memperlihatkan permukaan dasar laut yang berbeda dan mendukung komunitas yang berbeda dengan daerah yang memiliki kemiringan (Lundblad et al., 2006).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan lintasan pemeruman di lokasi penelitian

Kemiringan juga dapat membantu penguatan aliran arus (Mohn & Beckmann, 2002), yang berpengaruh terhadap ketersediaan makanan pada bentuk fauna. Berkaitan dengan antropogenik, kemiringan menjadi faktor pembatas dalam penggunaan alat tangkap tertentu (Grehan *et al.*, 2005).

Berdasarkan hasil pengamatan dengan melakukan snorkeling dan penyelaman, lokasi dengan kemiringan >3° merupakan celah antara terumbu karang yang cukup dalam dan biasanya dijadikan jalur masuk kapal ke pinggir pantai oleh nelayan setempat. Sedangkan area dengan kemiringan <1° merupakan hamparan pasir yang bercampur dengan pecahan karang (*rubber*).

Hasil perhitungan rugosity ACR

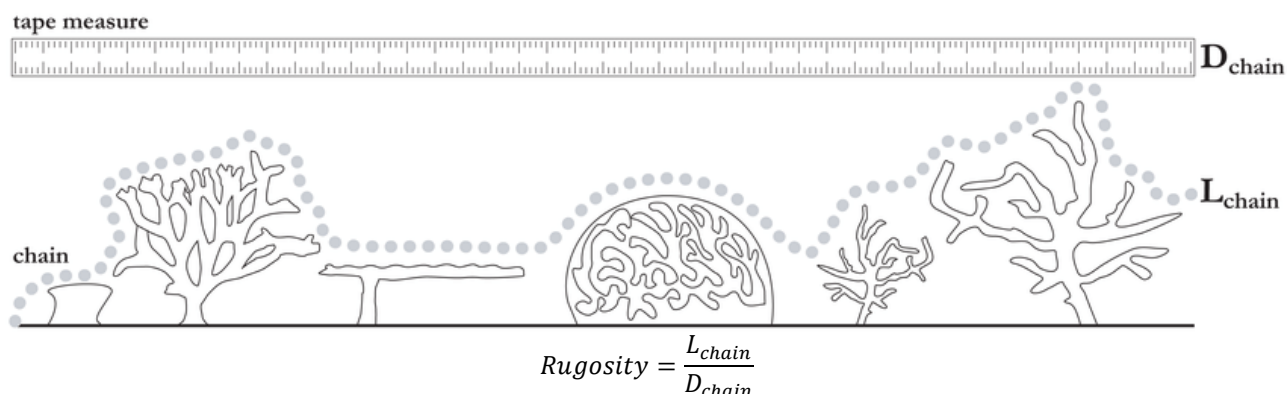
Nilai *rugosity* dalam penelitian ini diperoleh dengan menggunakan metode *arc-chord ratio* (ACR) *Surface Area to Planar Area* dengan membagi *contoured area* dengan *planar area* dengan menggunakan *raster calculator* (Gambar 5). Area kontur (*contoured area*) diperoleh dari hasil analisis data kedalaman (batimetri) dengan menggunakan perangkat lunak *Digital Elevation Model* (DEM) *Surface Tools*, sedangkan *planar area* merupakan peta konversi dari peta kemiringan (*slope*) (Jenness, 2013). Nilai *rugosity* yang diperoleh berdasarkan hasil analisis menggunakan luas area sel 50 m². Penentuan luas area sel dilakukan dengan melakukan percobaan (*trial and error*) pada saat penentuan *planar area* sampai diperoleh gambaran yang dianggap mewakili daerah penelitian.

Kisaran nilai *rugosity* yang dihasilkan berdasarkan *surface area to planar area* pada luasan 50 m² dilokasi penelitian berkisar antara 2-2.044. Berdasarkan metode ini, area datar memiliki nilai *rugosity* mendekati 1, sedangkan area dengan relief tinggi menunjukkan nilai *rugosity* yang lebih tinggi (>1). Beberapa peneliti telah menghubungkan antara kompleksitas suatu area dengan distribusi fauna (Beck, 2000; Kostylev *et al.*, 2005), dan pada skala tertentu dapat menjadi parameter kunci dalam membedakan kesesuaian habitat untuk jenis fauna tertentu.

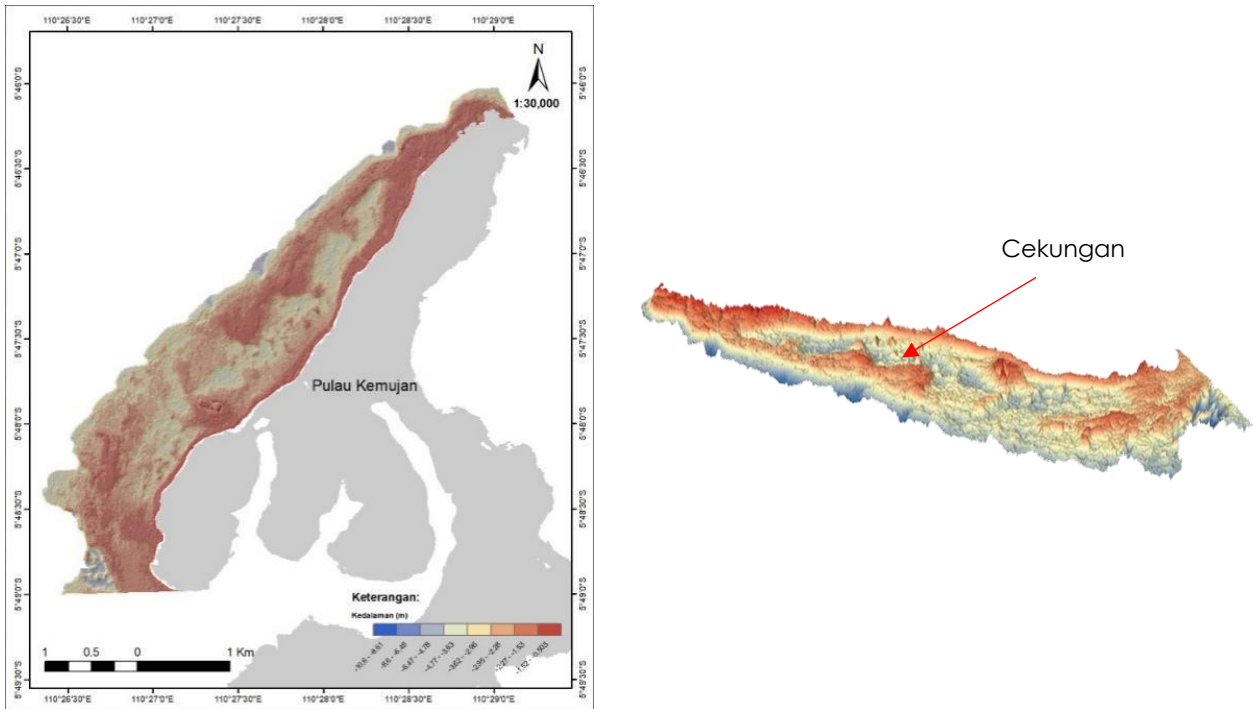
Perbandingan rugosity ACR dengan hasil pengukuran manual.

Pengukuran *rugosity* secara insitu dilakukan dengan melakukan penyelaman dan mengukur tingkat kekasaran dasar perairan dengan menggunakan metode rantai (*chain*) (Hill & Wilkinson, 2004). Lokasi geografis pengukuran dicatat dari *Global Positioning Sistem* (GPS) dengan akurasi 3 m. Hasil pengukuran *rugosity* insitu dihubungkan dengan nilai ACR *rugosity* disajikan pada Tabel 1.

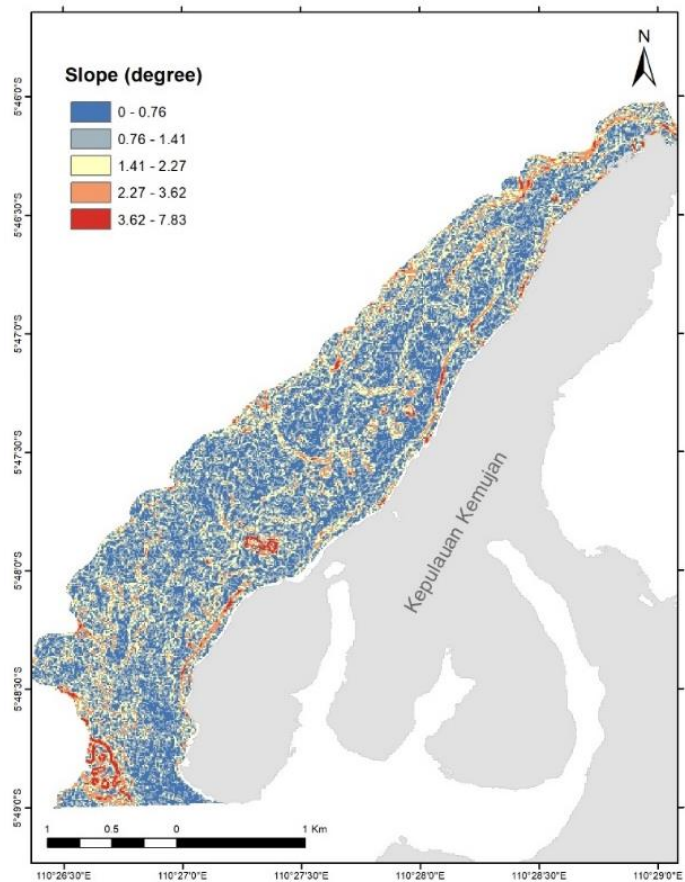
Perbandingan antara *rugosity* ACR (*area*) dan pengukuran manual (*panjang*) untuk melihat hubungan antara kedua nilai indeks *rugosity* di lokasi penelitian. Hasil korelasi antara nilai indeks *rugosity* secara insitu dan model ACR *rugosity* cukup baik dengan nilai *r*=0.76. (Gambar 6). Hal tersebut mengindikasikan bahwa perhitungan *rugosity* menggunakan data satelit dengan metode ACR *rugosity* cukup menggambarkan kondisi kompleksitas di lokasi penelitian.



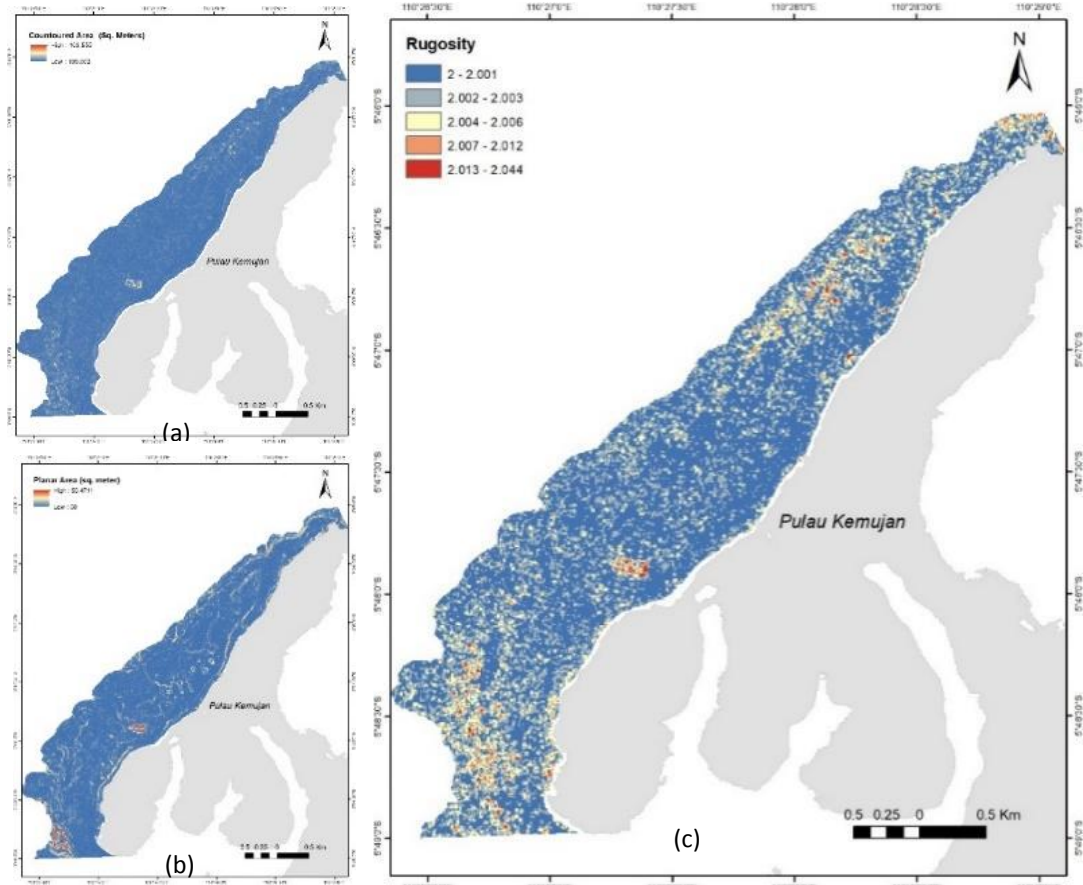
Gambar 2. Pengukuran kekasaran dasar perairan (*rugosity*) secara insitu (modifikasi dari Hill & Wilkinson, 2004)



Gambar 3. Peta batimetri hasil estimasi model algoritma SVR (Rahman et al., 2020)



Gambar 4. Gambaran kemiringan (slope) di lokasi penelitian perairan Pulau Kemujan

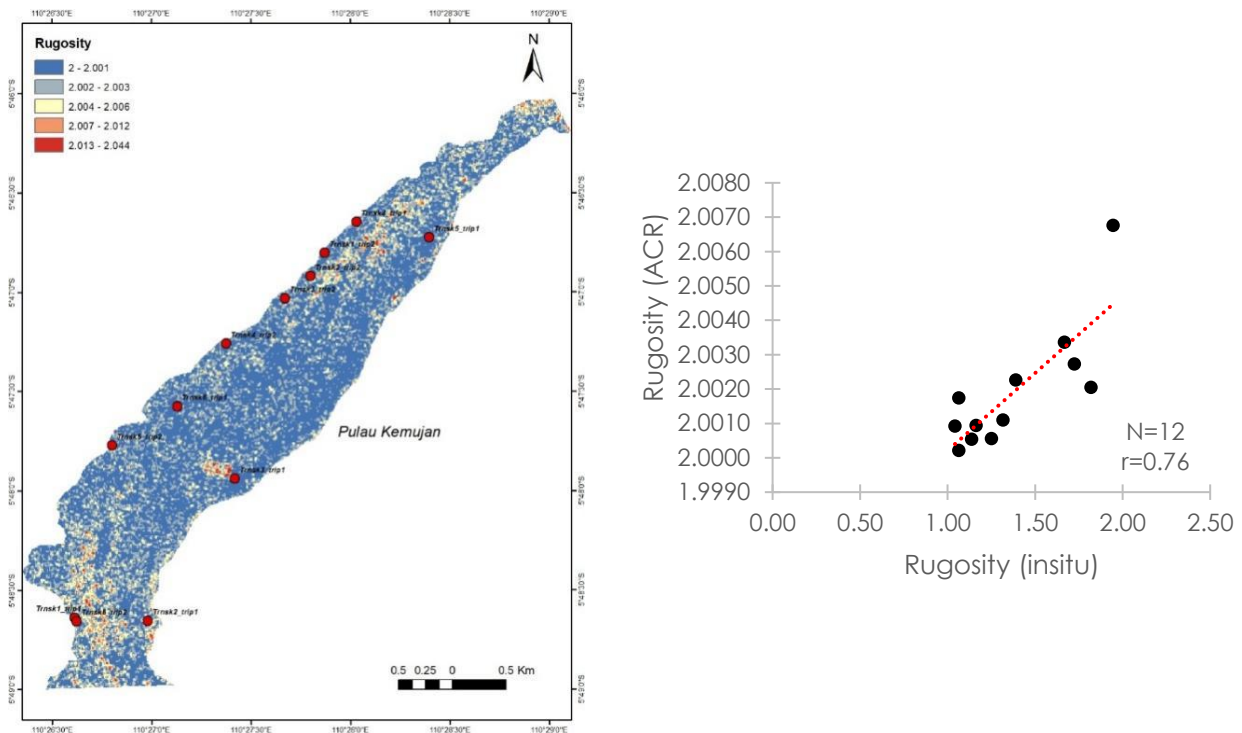


Gambar 5. (a) Peta kontur (contoured area), (b) peta planar area, (c) Peta ACR rugosity dasar perairan berdasarkan.

Tabel 1. Indeks Rugosity hasil pengukuran insitu dan model ACR rugosity

Posisi	L (m)	D (m)	R (insitu)	R (ACR)
transek 1_trip 1	5	3.8	1.32	2.0011
transek 2_trip 1	5	4.7	1.06	2.0002
transek 3_trip 1	5	4.4	1.14	2.0005
transek 4_trip 1	5	2.57	1.95	2.0068
transek 5_trip 1	5	2.9	1.72	2.0027
transek 6_trip 1	5	2.75	1.82	2.0020
Transek 1_trip2	5	4.8	1.04	2.0009
Transek 2_trip2	5	4.3	1.16	2.0009
Transek 3_trip2	5	3.6	1.39	2.0023
Transek 4_trip2	5	4	1.25	2.0006
Transek 5_trip2	5	4.7	1.06	2.0017
Transek 6_trip2	5	3	1.67	2.0034

Keterangan: L panjang rantai (m), D jarak horizontal rantai yang mengikuti kontur dasar perairan (m) R nilai rugosity (L/d), ACR (Arc-chord Ratio)



Gambar 6. Hubungan antara nilai rugosity insitu dan ACR rugosity (Lokasi pengukuran rugosity secara insitu (●))

KESIMPULAN

Data batimetri dapat digunakan untuk melihat kompleksitas dasar perairan dangkal. Berdasarkan indeks rugosity, kondisi dasar perairan Pulau Kemujan memiliki kompleksitas yang cukup tinggi. Indeks rugosity ACR berkorelasi cukup baik dengan indeks rugosity hasil pengukuran lapangan (insitu) ($r=0.76$). Penelitian lanjutan diperlukan untuk melihat korelasi antara kompleksitas dasar perairan dengan biota yang ada di sekitarnya.

DAFTAR PUSTAKA

Almany, G.R. 2004. Differential effects of habitat complexity, predators and competitors on abundance of juvenile and adult coral reef fishes. *Oecologia*, 141(1):105–113. doi: 10.1007/s00442-004-1617-0

Beck, M.W. 2000. Separating the elements of habitat structure: Independent effects of habitat complexity and structural components on rocky intertidal

gastropods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 249(1):29–49. doi: 10.1016/S0022-0981(00)00171-4

Brock, J.C., Wright, C.W., Clayton, T.D., & Nayegandhi, A. 2004. LIDAR optical rugosity of coral reefs in Biscayne National Park, Florida. *Coral Reefs*, 23(1):48–59. doi: 10.1007/s00338-003-0365-7

Departemen_Kehutanan. 2004. Penataan Zonasi Taman Nasional Karimunjawa Kabupaten Jepara Propinsi Jawa Tengah.

Friedlander, A.M., & Parrish, J.D. 1998. Habitat characteristics affecting fish assemblages on a Hawaiian coral reef, 224:1–30.

Gratwicke, B., & Speight, M.R. 2005. The relationship between fish species richness, abundance and habitat complexity in a range of shallow tropical marine habitats. *Journal of Fish Biology*, 66(3):650–667. doi: 10.1111/j.0022-1112.2005.00629.x

Grehan, A.J., Unnithan, V., Olu, K., & Opderbecke, J. 2005. Fishing impacts on Irish deep-water coral reefs: making the case for coral conservation. In

- Symposium on the Effects of Fishing Activities on Benthic Habitats: Linking Geology, Biology, Socioeconomics and Management*, pp. 819–832
- Hill, J., & Wilkinson, C. 2004. Methods for ecological monitoring of coral reefs. *Australian Institute of Marine Science, Townsville, January 2004*: 117. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004
- Jenness, J. 2013. DEM surface tools for ArcGIS [Electronic manual]. Jenness Enterprises.
- Knudby, A., & LeDrew, E. 2007. Measuring structural complexity on coral reefs. In *Proceedings of the American Academy of Underwater Sciences 26th Symposium*, pp.181–188. doi: 10.1080/13556207.2006.10784979
- Kostylev, V.E., Erlandsson, J., Mak, Y.M., & Williams, G.A. 2005. The relative importance of habitat complexity and surface area in assessing biodiversity: Fractal application on rocky shores. *Ecological Complexity*, 2(3):272–286. doi: 10.1016/j.ecocom.2005.04.002
- Kovalenko, K.E., Thomaz, S.M., & Warfe, D.M. 2012. Habitat complexity: Approaches and future directions. *Hydrobiologia*, 685(1):1–17. doi: 10.1007/s10750-011-0974-z
- Lundblad, E.R., Wright, D.J., Miller, J., Larkin, E.M., Rinehart, R., Naar, D.F., Donahue, B.T., Anderson, S.M. & Battista, T., 2006. A benthic terrain classification scheme for American Samoa. *Marine Geodesy*, 29(2):89–111. doi: 10.1080/01490410600738021
- Mohn, C., & Beckmann, A. 2002. Numerical studies on flow amplification at an isolated shelfbreak bank, with application to Porcupine Bank. *Continental Shelf Research*, 22(9):1325–1338. doi: 10.1016/S0278-4343(02)00004-3
- Rahman, A., Siregar, V.P., & Panjaitan, J. 2020. Estimasi kedalaman perairan dangkal menggunakan data citra satelit multispektral Sentinel-2A. *Jurnal Segara*, 16:151–162. doi: 10.15578/segara.v16i3.8562
- Risk, M.J. 2012. Fish Diversity on a Coral Reef in the Virgin Islands. *Atoll Research Bulletin*, 153:1–4. doi: 10.5479/si.00775630.153.1
- Taniguchi, H., Nakano, S., & Tokeshi, M. 2003. Influences of habitat complexity on the diversity and abundance of epiphytic invertebrates on plants. *Freshwater Biology*, 48(4):718–728. doi: 10.1046/j.1365-2427.2003.01047.x
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M.C., Schwager, M., & Jeltsch, F. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: The importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31(1):79–92. doi: 10.1046/j.0305-0270.2003.00994.x
- Willis, S.C., Winemiller, K.O., & Lopez-Fernandez, H. 2005. Habitat structural complexity and morphological diversity of fish assemblages in a Neotropical floodplain river. *Oecologia*, 142(2):284–295. doi: 10.1007/s00442-004-1723-z
- Wilson, M.F.J., O'Connell, B., Brown, C., Guinan, J.C., & Grehan, A.J. 2007. Multiscale terrain analysis of multibeam bathymetry data for habitat mapping on the continental slope. *Marine Geodesy* 30(1-2):3-35. doi: 10.1080/01490410701295962
- Young, M., Ierodiaconou, D., & Womersley, T. 2015. Forests of the sea: Predictive habitat modelling to assess the abundance of canopy forming kelp forests on temperate reefs. *Remote Sensing of Environment*, 170:178–187. doi: 10.1016/j.rse.2015.09.020