

KLASIFIKASI MORFOLOGI DASAR LAUT PERAIRAN PULAU KEMUJAN, KEPULAUAN KARIMUNJAWA

CLASSIFICATION OF MORPHOLOGY STRUCTURE OF BOTTOM WATERS IN KEMUJAN ISLAND, KARIMUNJAWA

Arip Rahman^{1*} dan Amran Ronny Syam¹

¹ Pusat Riset Konservasi Sumber Daya Laut dan Perairan Darat-BRIN, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46 Pakansari, Kecamatan Cibinong, Kabupaten Bogor 16911

*alphagrt79@gmail.com

Diterima : 10-05-2023 , Disetujui : 20-07-2023

ABSTRAK

Pengetahuan morfologi dasar laut berkaitan dengan bidang oseanografi, biologi, geologi kelautan, kerusakan habitat dan sumberdaya laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan morfologi dasar laut perairan Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data batimetri dan citra Sentinel-2A yang diproses menggunakan perangkat lunak *Benthic Terrain Modeler* yang terintegrasi pada perangkat lunak ArcGIS. Hasil klasifikasi terdiri dari tujuh kelas morfologi dasar laut, yaitu: *crest*, *valley bottom*, *flat*, *rough*, *valley flank*, *break shelf* dan *depression*. *Rough*, relief positif dengan sudut curam 0,21° sampai 0,81°, dengan luas 429,36 ha (65,56%) merupakan kelas dengan area paling luas di lokasi penelitian. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa morfologi dasar perairan Pulau Kemujan cukup landai dan cenderung datar.

Kata kunci: Klasifikasi morfologi dasar laut, batimetri, *benthic terrain modeller*, Karimunjawa

ABSTRACT

Seafloor morphology plays a crucial role in the fields of oceanography, biology, marine geology, marine habitats, and marine resources. A research study was conducted to classify the seabed morphology in the waters surrounding Kemujan Island, Karimunjawa. Based on bathymetry and Sentinel-2a satellite imagery processed using Benthic Terrain Modeler software combined with ArcGIS software, a classification was established. The outcome of the classification resulted in seven seafloor morphology classes: crest, valley bottom, flat, rough, valley flank, break shelf, and depression. The rough morphology was found to be the most extensive area in the study site, with a steep angle of 0.21° to 0.81° and covering 429.36 ha, or 65.56% of the whole study area. This condition shows that the morphology of the bottom waters on Kemujan Island is quite gentle and tends to be flat.

Keyword: Classification of seafloor; bathymetry, *benthic terrain modeler*, Karimunjawa

PENDAHULUAN

Morfologi dasar laut merupakan struktur dasar laut yang dapat mempengaruhi berbagai proses didalamnya (Zawada dr., 2010). Struktur dasar laut menggambarkan fitur morfologi dasar laut, yang dapat ditentukan menggunakan analisis statistik spasial yang terintegrasi dalam beberapa perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) (Goes dr., 2019). Pada lingkungan laut, ekosistem terumbu karang merupakan salah satu gambaran morfologi dasar laut yang kompleks (Zawada dr., 2010). Kompleksitas morfologi dasar laut merupakan heterogenitas dan tingkat ketidakaturan struktur elemen yang merupakan susunan kontur morfologi suatu lokasi (Taniguchi dr., 2003). Pemetaan morfologi dasar laut berkaitan dengan bidang oseanografi, biologi, geologi kelautan, kerusakan habitat dan sumberdaya laut (Smith dr., 2017). Dalam bidang oseanografi, arus dan gelombang berdasarkan karakteristik fisik dipengaruhi oleh bentuk dasar laut. Pada bidang biologi, struktur kompleksitas dasar laut terutama pada terumbu karang, memperlihatkan pengaruh positif terhadap beberapa pengukuran biodiversitas (Knudby & LeDrew, 2007).

Kajian klasifikasi morfologi dasar laut secara umum banyak menggunakan analisis dan interpretasi data batimetri (Lundblad dr., 2006) disamping data survei secara visual (video transek, foto bawah air, sampel substrat) untuk membuat suatu kesimpulan secara kualitatif dan kuantitatif. *Benthic Terrain Modeler 3.0* (BTM) merupakan perangkat lunak yang terintegrasi pada ArcGIS 10.5 yang menggabungkan parameter bentuk permukaan, seperti kemiringan (*slope*) dan *Bathymetric Position Index* (BPI) untuk mengklasifikasikan dasar laut berdasarkan kelas bentuk dasar laut secara terbimbing (*supervised classification*) (Lundblad dr., 2006). Sistem Informasi Geografis (SIG) yang merupakan sistem informasi pengelolaan data spasial dapat mengintegrasikan data abiotik untuk klasifikasi beberapa fitur dasar perairan (Golding dr., 2004).

Penelitian terdahulu (Roff & Taylor, 2000) terkait klasifikasi morfologi dasar laut diantaranya, klasifikasi bentang dasar laut yang dipetakan berdasarkan ketersediaan data abiotik seperti data batimetri, kemiringan dasar laut (*slope*), *bed stress*, dan substrat dasar perairan di Kanada. Hasil klasifikasi digunakan untuk mengidentifikasi habitat laut yang sesuai dan khas untuk mendukung berbagai komunitas dan memberikan kerangka acuan ekologi untuk perencanaan konservasi laut. Klasifikasi morfologi dasar perairan dengan menggunakan data akustik dan citra satelit IKONOS pada kedalaman kurang dari 30 m dilakukan di perairan American Samoa (Lundblad dr., 2006). Klasifikasi morfologi perairan yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan data batimetri dan citra satelit. Penelitian terdahulu telah banyak dilakukan, diantaranya: Subarno dr. (2016) berhasil mengklasifikasikan morfologi dasar perairan kedalam 13 kelas dengan menggunakan data batimetri dan citra satelit WorldView-2 di sekitar perairan

Pulau Harapan, Kepulauan Seribu, sedangkan Setiawan dr. (2022) mengklasifikasi morfologi dasar perairan dengan menggunakan data batimetri dan citra satelit Sentinel-2A dilakukan di daerah atol Kaledupa Wakatobi yang menghasilkan 13 kelas morfologi dasar perairan.

Perairan Kemujan merupakan bagian dari perairan Kepulauan Karimunjawa yang berada di bagian utara. Bagian barat perairan Pulau Kemujan terdapat daerah perairan dangkal yang berupa paparan benua. Penulis pada penelitian ini mencoba untuk membangun skema klasifikasi morfologi dasar laut di sekitar paparan benua Pulau Kemujan dengan menggunakan data batimetri dan citra satelit Sentinel-2A. Hasil kajian diharapkan dapat memberikan gambaran terkait kondisi morfologi dasar laut sebagai informasi untuk pengelolaan daerah perairan dangkal Pulau Kemujan.

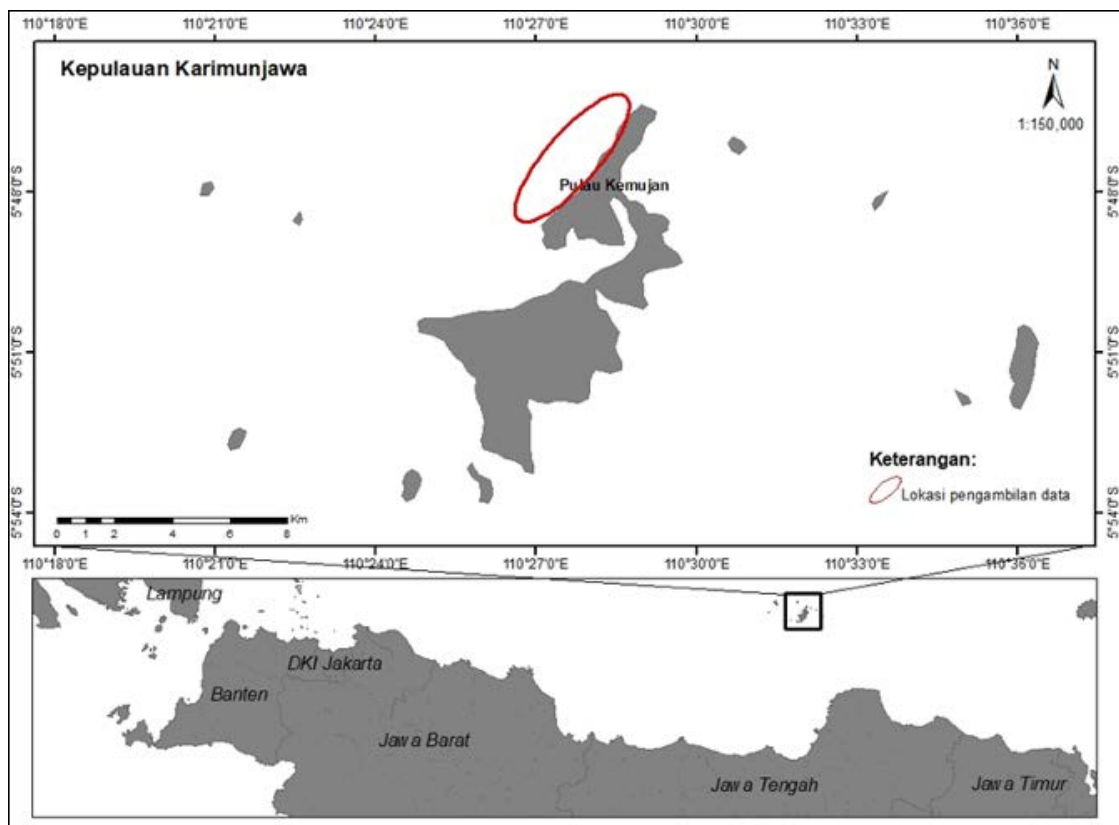
METODE

Penelitian dilakukan di Perairan Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa dengan posisi geografis 5°45' LS – 5°50' LS dan 110°20' BT – 110°30' BT (Gambar 1). Data yang digunakan adalah data batimetri dan citra satelit Sentinel-2A dari hasil analisis penelitian sebelumnya (Rahman dr., 2020). Rahman dr. (2020) menggunakan data batimetri hasil pemeruman untuk melakukan transformasi data batimetri dari citra Sentinel-2A dengan menggunakan algoritma SVR (*Super Vector Regression*).

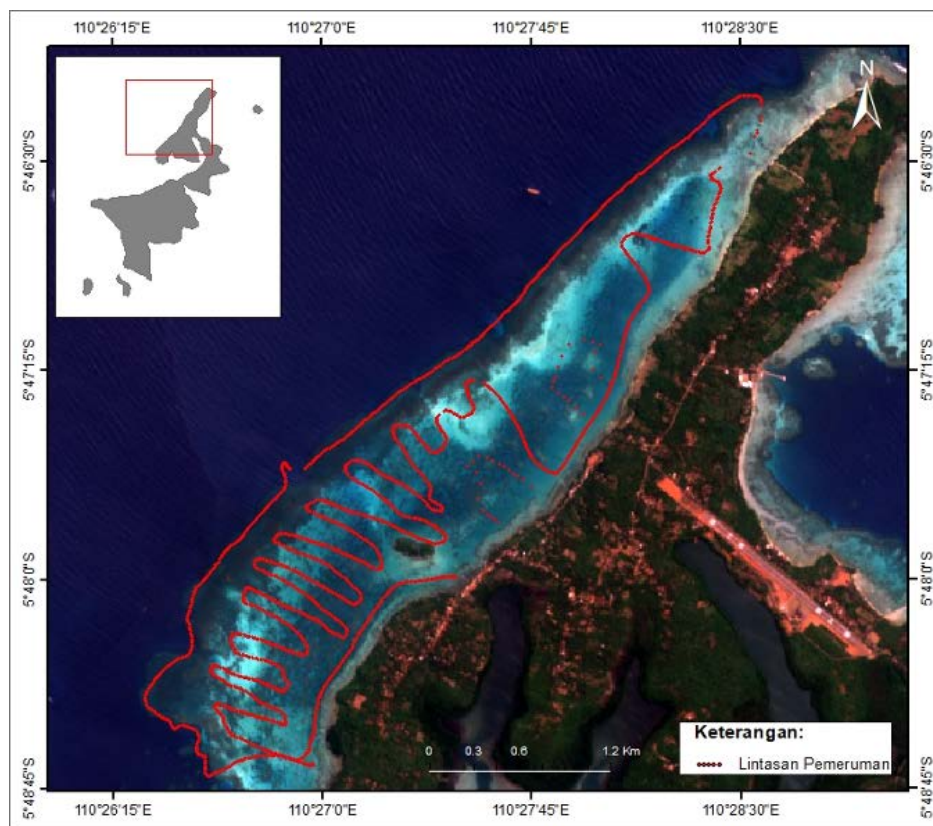
Proses pemeruman dilakukan dengan menggunakan *echo-sounder single beam*, GPS Map 527xs. *Echo-sounder* dipasang pada kapal yang bergerak melalui lintasan yang sudah dibuat (Gambar 2). Hasil pemeruman berupa data posisi geografis (XY) dan data kedalaman (Z) yang diolah dengan menggunakan perangkat lunak Excel dan ArcGIS 10.8. Selanjutnya data batimetri hasil transformasi tersebut digunakan sebagai input pada proses analisis klasifikasi morfologi dasar laut di lokasi penelitian.

Proses analisis klasifikasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Benthic Terrain Modeler* (BTM) dengan algoritma klasifikasi geomorfologi dasar laut yang dikembangkan oleh NOAA *Coastal Service Centre* yang terintegrasi dengan ArcGIS (Agus, 2012). Secara umum proses analisis *tool* BTM mencakup perhitungan *Bathymetric Position Index* (BPI), *slope*, membangun kamus klasifikasi dan klasifikasi struktur dasar perairan (Gambar 3).

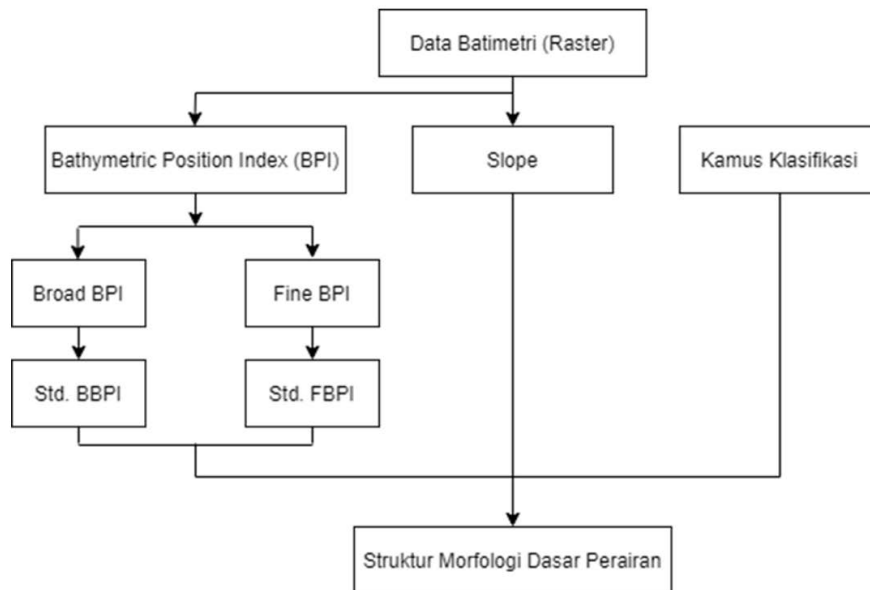
Berdasarkan cakupan area yang digunakan, perhitungan BPI dibagi kedalam *Fine BPI*, *Broad BPI* dan hasil standarisasi *Fine* dan *Board BPI*. *Fine BPI* merupakan perhitungan BPI dengan cakupan spasial yang sempit, sedangkan *Broad BPI* memiliki cakupan spasial yang lebih lebar. Area yang memiliki nilai kedalaman lebih dalam dari area disekitarnya disebut negatif, sedangkan kedalaman yang lebih dangkal disebut positif (Gambar 4)



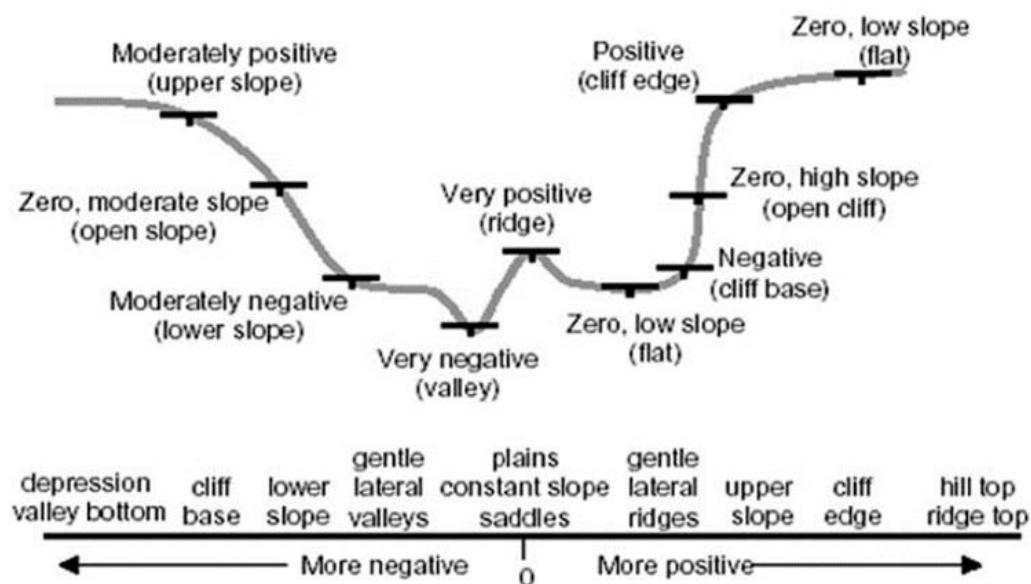
Gambar 1. Lokasi penelitian perairan sebelah barat Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa



Gambar 2. Lintasan kapal pemeruman di lokasi penelitian (Rahman drr., 2020)



Gambar 3. Proses analisis morfologi dasar laut



Gambar 3. Ilustrasi BPI dari data batimetri (Heydorn, 2008)

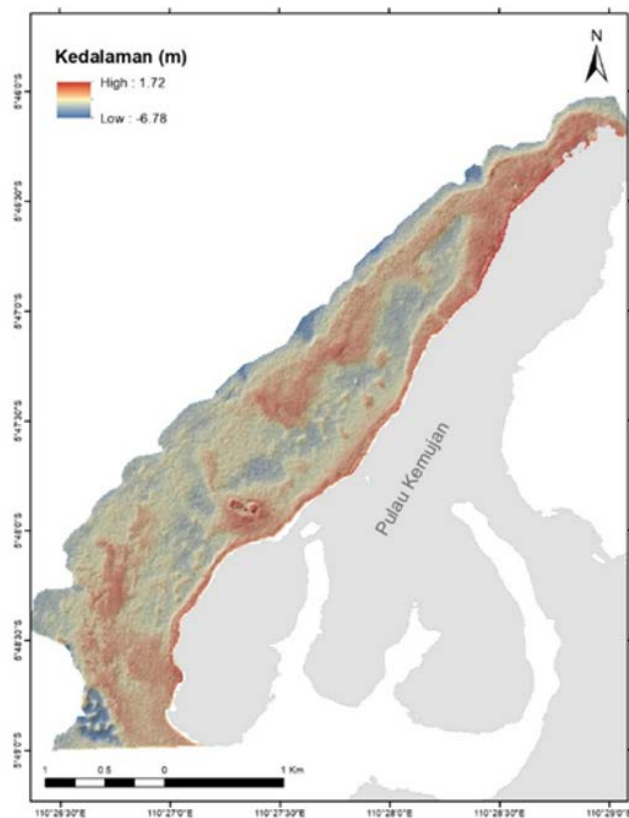
HASIL

Hasil analisis BTM yang terintegrasi dalam perangkat lunak ArcGIS berupa peta batimetri (Gambar 5), peta kemiringan/slope (Gambar 6), dan peta *Bathymetric Position Index/BPI* (Gambar 7).

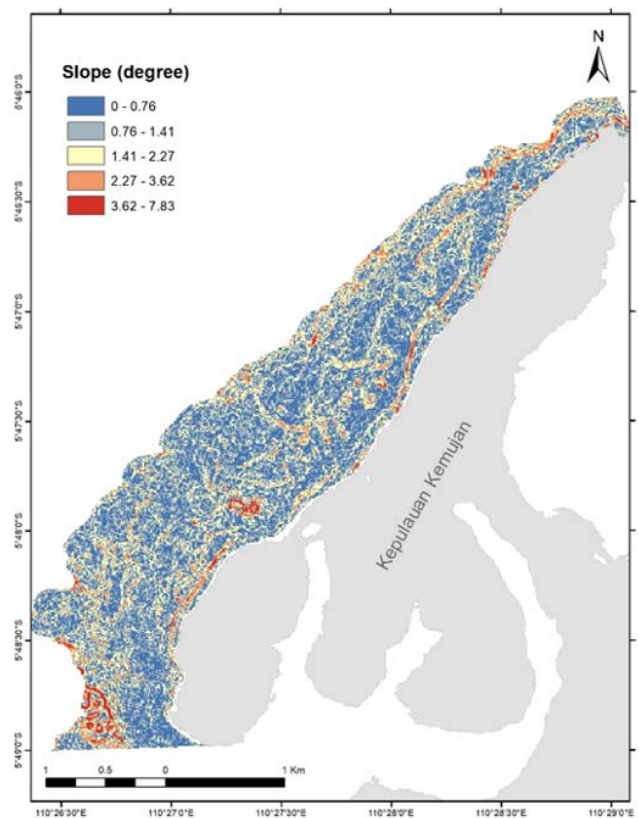
Berdasarkan peta batimetri, proses selanjutnya menghasilkan peta kemiringan (*slope*) yang merupakan turunan pertama dari data batimetri (Gambar 6). Gambaran peta kemiringan di lokasi penelitian didominasi area dengan kontur datar (*flat*) dengan derajat kemiringan $<1^\circ$. Sementara area dengan kemiringan $>3^\circ$ posisinya tersebar.

Bathymetric Position Index (BPI) merupakan turunan kedua hasil analisis data batimetri. Peta BPI dibagi menjadi dua yaitu *Fine* dan *Board* BPI sesuai dengan skala yang digunakan (Gambar 7). *Fine* BPI menggunakan faktor skala 25 dan *broad* BPI menggunakan skala 100, dengan resolusi spasial 10 m. Kisaran skala merupakan hasil beberapa kali percobaan (*try and error*) yang dianggap dapat menggambarkan beberapa fitur morfologi dasar laut yang terdeteksi di lokasi penelitian.

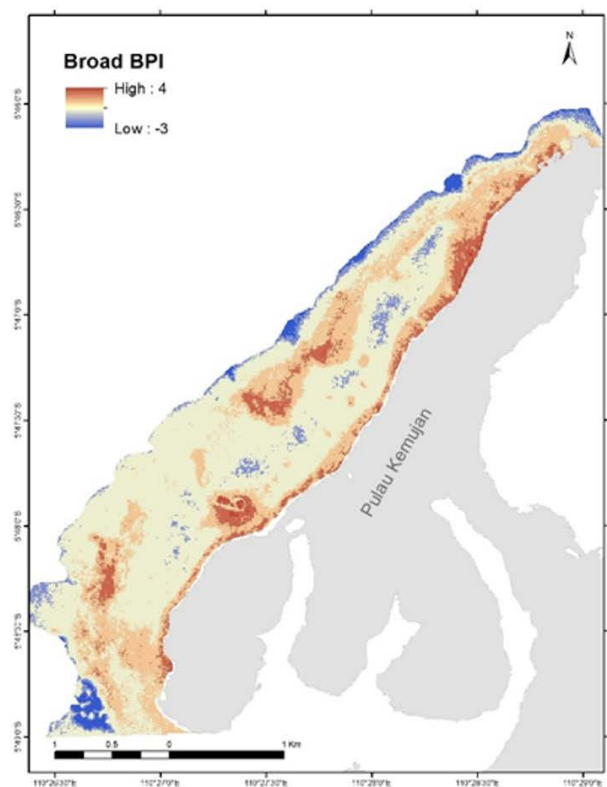
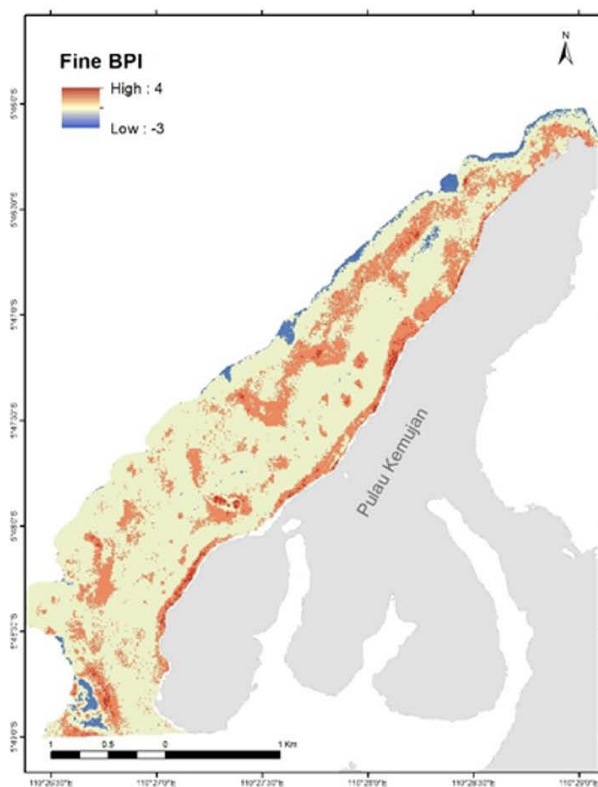
Hasil klasifikasi morfologi dasar laut di sekitar perairan Pulau Kemujan berdasarkan kamus klasifikasi hasil modifikasi (de Oliveira dr., 2020), antara lain:



Gambar 5. Peta batimetri perairan Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa



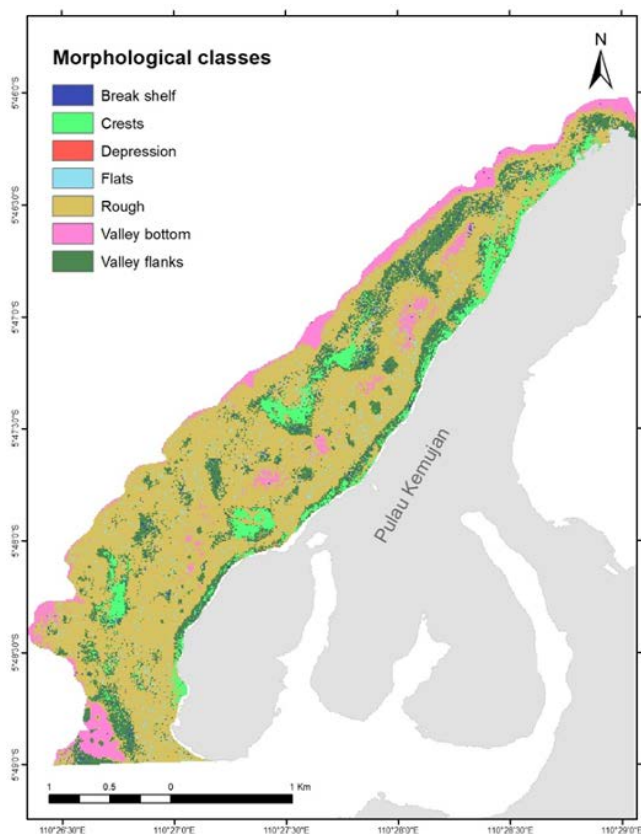
Gambar 6. Peta kemiringan di perairan Pulau Kemujan, Kepulauan Karimunjawa



Gambar 7. Peta Bathymetric Position Index (Fine BPI dan Broad BPI)

- *Break shelf*, kelas yang paling dalam dengan sudut kemiringan antara $3,5^{\circ}$ dan 13°
- *Crest*, tidak memiliki nilai kelerengan. *Crest* merupakan puncak-puncak tonjolan yang posisinya lebih tinggi dari daerah sekitarnya sehingga relief positif.
- *Depression*, relief negatif yang terdapat dari bagian dalam sampai bagian luar paparan dengan sudut kemiringan $0,21^{\circ}$ dan $1,8^{\circ}$
- *Flats*, dataran yang rata dengan sudut kemiringan lebih rendah $0,2^{\circ}$
- *Rough*, relief positif dengan sudut curam $0,21^{\circ}$ sampai $0,81^{\circ}$
- *Valley bottom*, relief negatif dengan kemiringan rendah yang terjadi pada lembah
- *Valley flanks*, kemiringan yang curam ($0,3^{\circ}$ sampai $3,4^{\circ}$) membentuk sisi lembah atau saluran.

Peta hasil klasifikasi morfologi dasar laut di Pulau Kemujan disajikan pada Gambar 8, sedangkan persentase luasan fitur morfologi dasar disajikan pada Tabel 1. Kelas morfologi relief positif dengan sudut $0,21^{\circ}$ sampai $0,81^{\circ}$ (*rough*), mendominasi struktur morfologi dasar perairan. Kondisi tersebut secara umum menggambarkan dasar laut perairan disekitar Pulau Kemujan cenderung datar dan landai.



Gambar 8. Peta klasifikasi morfologi dasar laut Pulau Kemujan

Tabel 1. Luasan fitur struktur morfologi dasar perairan

Kelas Morfologi	Luas Area (Ha)	Persentase (%)
<i>Crest</i>	44,99	6,87
<i>Valley Bottom</i>	51,93	7,93
<i>Flats</i>	14,51	2,22
<i>Rough</i>	429,36	65,56
<i>Valley Flanks</i>	107,13	16,36
<i>Break Shelf</i>	6,53	1,00
<i>Depression</i>	0,42	0,06

PEMBAHASAN

Batimetri merupakan ilmu yang dapat digunakan untuk menggambarkan morfologi dasar laut (Jagalingam drr., 2015). Fungsi analisis spasial GIS memungkinkan untuk melakukan ekstraksi beberapa produk turunan dari data batimetri, seperti kemiringan (*slope*), posisi batimetri (BPI) dan kekasaran dasar laut (*rugosity*) (Heydorn, 2008). Perairan Pulau Kemujan berdasarkan peta batimetri (Gambar 5) merupakan daerah paparan benua sebagai perairan dangkal dengan kedalaman maksimum sekitar 6 m. Gambaran pada peta batimetri memperlihatkan adanya daerah yang lebih dalam di bagian tengah yang dibatasi dengan daerah yang lebih dangkal disekitarnya. Hasil pengamatan dilapangan, daerah yang dalam berupa hamparan pasir dan pecahan karang, sedangkan daerah yang dangkal merupakan terumbu karang.

Peta kemiringan (Gambar 6) menunjukkan derajat kemiringan dasar perairan di lokasi penelitian berkisar antara $0-7,83^{\circ}$. Dasar perairan Pulau Kemujan menunjukkan cenderung datar (*flat*) dengan kemiringan yang konstan mendekati nol. Dibandingkan dengan hasil penelitian Subarno drr. (2016) di Pulau Harapan Kepulauan Seribu dan Setiawan drr. (2022) di daerah atol Kaledupa Wakatobi yang memiliki derajat kemiringan berturut-turut $0-75,6^{\circ}$ dan $5-45^{\circ}$, dasar laut Pulau Kemujan cenderung landai. Kemiringan dasar perairan tersebut dapat terbentuk oleh batuan, karang masif atau jenis terumbu karang lainnya.

Bathymetric Position Index (BPI) menggambarkan elevasi setiap titik dasar laut yang dijadikan acuan terhadap titik-titik disekitarnya (Agus, 2012). BPI bisa bernilai positif dan bisa bernilai negatif. Nilai positif menggambarkan suatu titik lebih tinggi dari titik sekitarnya, sedangkan nilai negatif menggambarkan suatu titik lebih rendah dari titik disekitarnya. BPI dapat menggambarkan kondisi permukaan dasar laut seperti adanya cekungan (*depression*), daerah yang datar (*flat*) dan puncak (*crests*) didasar perairan. Skema klasifikasi yang dibuat pada penelitian ini berdasarkan hasil modifikasi kajian yang dilakukan oleh (de Oliveira drr., 2020) pada habitat bentik disepanjang paparan benua (Tabel 2).

Tabel 2. Skema klasifikasi struktur BPI

Class	Zone	BroadBPI	BroadBPI	FineBPI	FineBPI	Slope_	Slope_
		Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
1	<i>Crests</i>	100		100			
2	<i>Valley bottom</i>		-100			0.1	
3	<i>Flats</i>	-100	100	-100	100		0.25
4	<i>Rough</i>	-100	100	-100	100	0.25	
5	<i>Valley flanks</i>	-100		-100		0.3	
6	<i>Break shelf</i>		100				
7	<i>Depression</i>	-100		-100			

Tabel 1 diatas menyajikan hasil klasifikasi morfologi dasar laut dengan luasan area dan presentase di perairan Pulau Kemujan. Kelas morfologi yang mendominasi adalah *rough* dengan luas area 429,36 Ha. Gambaran kelas morfologi hasil klasifikasi disajikan pada Gambar 8. Berdasarkan pengamatan lapangan, kelas morfologi *crest* yang berada di sekitar tepian pantai dan area bagian tengah merupakan gugusan terumbu karang. Sementara kelas morfologi *rough* yang mendominasi dasar laut terdiri dari hamparan pasir dan pecahan karang. Terpetakannya struktur morfologi dasar perairan Pulau Kemujan menjadi suatu informasi penting terkait kondisi dasar perairan Pulau Kemujan sebagai dasar rencana pengelolaannya.

Berdasarkan hasil klasifikasi morfologi dasar laut, kondisi dasar perairan Pulau Kemujan cukup kompleks. Secara umum kompleksitas dasar perairan dipengaruhi oleh terangkatnya gugusan terumbu karang akibat proses tektonik, topografi bawah air, arah angin, pergantian musim, dinamika air laut, dan karakteristik substrat yang terkait dengan pertumbuhan terumbu karang (Shen dr, 2018). Berdasarkan hasil survey lapangan, kondisi dasar perairan Pulau Kemujan rentan mengalami perubahan baik karena faktor alam (gelombang dan arus yang kuat pada musim tertentu) maupun faktor kelalaian manusia, dimana terdapat kapal besar yang berlabuh disekitar perairan Pulau Kemujan yang berpotensi merusak terumbu karang.

KESIMPULAN

Pemilihan faktor skala 25 untuk *fine* BPI dan 100 untuk *broad* BPI dengan resolusi spasial 10 m dianggap dapat menggambarkan kondisi morfologi dasar laut Pulau Kemujan. Hasil skema klasifikasi diperoleh tujuh kelas morfologi dasar laut yaitu: *crest*, *valley bottom*, *flat*, *rough*, *valley flank*, *break shelf* dan *depression*. Kelas morfologi *rough* mendominasi struktur morfologi dasar perairan Pulau Kemujan dengan luas 429,36 Ha (65,56%). Kondisi tersebut mengindikasikan adanya dasar perairan di lokasi penelitian cenderung landai dan datar.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan klasifikasi dengan faktor skala yang berbeda dengan resolusi spasial yang tinggi untuk mendapatkan hasil

klasifikasi morfologi dasar perairan yang lebih mendekati kondisi yang sebenarnya.

DAFTAR ACUAN

- Agus, S. B. (2012). *Kajian konektivitas habitat ikan terumbu ontogeni menggunakan pemodelan geospasial di perairan Kepulauan Seribu*. Institut Pertanian Bogor.
- de Oliveira, N., Bastos, A. C., da Silva Quaresma, V., & Vieira, F. V. (2020). The use of Benthic Terrain Modeler (BTM) in the characterization of continental shelf habitats. *Geo-Marine Letters*. <https://doi.org/10.1007/s00367-020-00642-y>
- Goes, E. R., Brown, C. J., & Araújo, T. C. (2019). Geomorphological classification of the benthic structures on a tropical continental shelf. *Frontiers in Marine Science*, 6(FEB), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00047>
- Golding, N., Vincent, M., & Connor, D. W. (2004). The Irish Sea Pilot: Report on the development of a Marine Landscape classification for the Irish Sea. *Joint Nature Conservation Committee Report No 346*, (346), 30. Retrieved from www.jncc.gov.uk/irishseapilot
- Heydorn, M. (2008). An ArcGIS seabed characterization toolbox developed for investigating benthic habitats. *Marine Geodesy*, 31(4), 318–358. <https://doi.org/10.1080/01490410802466819>
- Jagalingam, P., Akshaya, B. J., & Hegde, A. V. (2015). Bathymetry Mapping Using Landsat 8 Satellite Imagery. *Procedia Engineering*, 116(Apac), 560–566. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.326>
- 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). <https://doi.org/10.1080/13556207.2006.10784979>
- Lundblad, E. R., Wright, D. J., Miller, J., Larkin, E. M., Rinehart, R., Naar, D. F., ... Battista, T. (2006). A benthic terrain classification scheme for American Samoa. *Marine Geodesy*, 29(2), 89–111. <https://doi.org/10.1080/01490410600738021>

- Rahman, A., Siregar, V. P., & Panjaitan, J. (2020). Estimasi kedalaman perairan dangkal menggunakan data citra satelit multispektral Sentinel-2A. *Jurnal Segara*, Vol. 16 No, 151–162. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15578/segara.v16i3.8562>
- Roff, J. C., & Taylor, M. E. (2000). National frameworks for marine conservation - A hierarchical geophysical approach. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 10(3), 209–223. [https://doi.org/10.1002/1099-0755\(200005/06\)10:3<209::AID-AQC408>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/1099-0755(200005/06)10:3<209::AID-AQC408>3.0.CO;2-J)
- Setiawan, A., Siregar, V. P., Susilo, S. B., Mardiasuti, A., & Agus, S. B. (2022). Geomorphological classification of benthic structures of Kaledupa Atoll Wakatobi National Park, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(7), 3784–3792. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230755>
- Shen, J. W., Johnson, M. E., Fu, F., Wang, Y., & Jin, Y. (2018). Seasonal wind patterns influence the configuration and geomorphology of insular reef systems: Yongxing Island, Xisha Islands, China. *Geological Journal*, 53(2), 754–766. <https://doi.org/10.1002/gj.2925>
- Smith, W. H. F., Marks, K. M., & Schmitt, T. (2017). Airline flight paths over the unmapped ocean. *Eos (United States)*, 98(5), 12–14. <https://doi.org/10.1029/2017eo069127>
- 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. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01047.x>
- Zawada, D. G., Piniak, G. A., & Hearn, C. J. (2010). Topographic complexity and roughness of a tropical benthic seascape. *Geophysical Research Letters*, 37(14), 1–6. <https://doi.org/10.1029/2010GL043789>